



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE
LIXIVIADOS “RECIRCULACIÓN Y CAMPO DE INFILTRACIÓN”
YURAK CASHA 2014”**

Trabajo de Titulación presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

AUTOR: SEGUNDO TOMAS CUNGACHI SOLANO

TUTOR: DR. GERARDO LEON CH.

Riobamba – Ecuador

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS “RECIRCULACIÓN Y CAMPO DE INFILTRACIÓN” YURAK CASHA 2014”**, de responsabilidad del Sr Egresado: Segundo Tomas Cungachi Solano ha sido prolijamente revisado por los miembros del tribunal de Tesis. Quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Gerardo León

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Magdy Echeverría

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Segundo Tomas Cungachi Solano, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Segundo Tomas Cungachi Solano

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme salud y vida para alcanzar este objetivo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que fue mi segunda casa y que es un templo de la Sabiduría.

A la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí por el financiamiento de este proyecto de titulación, de manera especial al Ing. Ramiro Padilla Gerente de la EMMAIPC-EP y al Ing. Franklin Rivera Director del Departamento Técnico.

A mis directores del proyecto, Dr. Gerardo León y la Dra. Magdy Echeverría quienes con su conocimiento supieron guiarme en la elaboración de este proyecto.

A mis amigos que compartieron en esta vida estudiantil y supieron mantenerse en buenos y malos momentos.

Tomas

DEDICATORIA

Este trabajo dedico:

A mis queridos padres, Kusikayo Cungachi y Dolores Solano por demostrar su apoyo incondicional en mi vida estudiantil,

A mis hermanas Juana, Lourdes y Jessica por su confianza depositada en mí y a mi hermano Jorge que desde la distancia no dejo de darme consejos y guiarme por buen camino.

A mi hijo Hailly Cungachi que es la luz de mi vida y A mi querida esposa Zoila Alulema que cada día estuviste a mi lado apoyando en todo y dando mucho cariño y amor.

Tomas

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	1
INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE GRAFICOS	8
INDICE DE ANEXOS.....	9
INDICE DE ABREVIATURAS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marco Filosófico de la Investigación.....	18
1.1.1 Generación y Composición de los Residuos Sólidos	18
1.1.2 Gestión de Residuos Sólidos Urbanos	19
1.1.3 Sistemas de Recolección y Disposición de los RSU	19
1.2 Antecedentes de la Investigación	20
1.3 Bases Teóricas	23
1.3.1 Residuos sólidos.....	23
1.3.2 Clasificación de los residuos sólidos	23
1.3.3 Características de los Residuos Sólidos Urbanos.....	25
1.3.4 Composición de los residuos sólidos urbanos.....	25
1.3.5 Relleno sanitario	27
1.3.6 Lixiviados.....	27
1.3.7 Percolados.....	28
1.3.8 Caracterización de los lixiviados	29
1.4 Tratamiento de Lixiviados	29

1.4.1	Principales alternativas de tratamiento (Martínez, A., 2014):	30
1.4.2	Recirculación de los Lixiviados	31
1.4.2.1	Métodos de recirculación de lixiviados	31
1.5	Normativa Ambiental	33
1.6	Factores a considerar de riesgo para la configuración de un Sistema de Tratamiento de Lixiviados	34
1.6.1	Especificaciones técnicas para el diseño de campos de infiltración	34
1.6.2	Cuando utilizar Pozos o Campos de Infiltración:	35

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1	Parte Experimental.....	36
2.1.1	Lugar de Estudio.....	36
2.1.2	Identificación del relleno sanitario	37
2.2	Métodos.....	37
2.2.1	Reconocimiento de lugar	37
2.2.2	Cuantificación de caudal	38
2.2.3	Muestreo de Lixiviados	38
2.2.4	Caracterización de lixiviados	38
2.2.5	Consideraciones Previas al Tratamiento	39
2.2.6	Método para el Sistema del Campo de Infiltración	40
2.2.7	Método para el Sistema de Recirculación.....	40
2.3	Técnica de Análisis de Lixiviados.....	41
2.3.1	Análisis de DBO	41
2.3.2	Análisis de DQO	41
2.3.3	Análisis de Metales Pesados	41
2.4	Lugar Experimental	41
2.4.1	Materiales Experimentales.....	41
2.4.2	Materiales de Laboratorio	43
2.5	Planteamiento de Hipótesis	44
2.5.1	Hipótesis Textual.....	44

2.5.2	Hipótesis Estadística	44
-------	-----------------------------	----

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1	Resultado del reconocimiento del lugar:	45
3.1.5	Reconocimiento del Relleno Sanitario Yurak-Casha	45
3.1.5.1	Impermeabilización del Suelo.....	46
3.1.5.2	Conducción de Gases	46
3.1.5.3	Conducción de Lixiviados	47
3.1.5.4	Piscina de lixiviados y tanque de Ferrocemento	48
3.1.5.5	Nave de Reciclaje	49
3.1.5.6	Nave de Compostaje	49
3.2	Identificación de los Sistemas de Tratamiento.....	49
3.3	Cuantificación de Caudales del relleno sanitario.....	51
3.4	Parámetros analizados	52
3.4.1	Caracterización de Lixiviados previo a la implementación de algún sistema de tratamiento	54
3.4.2	Caracterización de Lixiviados posterior a la implementación del sistema de tratamiento “Recirculación de Lixiviados”	55
3.4.3	Caracterización de Lixiviados posterior a la implementación del sistema de tratamiento “Campo de Infiltración”	56
3.5.	Balance de los Parámetros Físico-Químicos de los Sistemas de Tratamiento.....	57
3.5.1	Valoración de los porcentajes de remoción	58
3.5.2.	Porcentajes de Remoción	60
3.6	Balance de los Metales Pesados presente en los lixiviados de acuerdo a los Sistemas de Tratamiento.....	61
3.6.1	Valoración de los porcentajes de remoción. Metales Pesados:	62
3.7	Costos de Implementación de los Sistemas de Tratamientos.....	64
3.8	Discusión de Resultados	65
3.8.	Prueba de Hipótesis	65

3.8.1	Hipótesis Estadística en Bloques Aleatorios	65
3.8.2	Diseño en bloques completamente aleatorizados	66
3.8.3	Comparación entre variables	68
3.8.4	Comparación entre medias: “Contraste de Tukey”	68

CAPITULO IV

4.	PROPUESTA DE TRATAMIENTO	69
5.1	CONCLUSIONES	72
5.2	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFIA	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (% P/P).....	23
Tabla 1-2:	COMPOSICIÓN DE LIXIVIADOS EN UN RS CON DESECHOS DOMÉSTICOS	28
Tabla 1-3:	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADOS	32
Tabla 1-4:	LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE	33
Tabla 2-1:	PARÁMETROS PRESENTES EN LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN UN RELLENO SANITARIO	39
Tabla 2-4:	MATERIALES UTILIZADOS EN CAMPO	42
Tabla 2-5:	MATERIALES UTILIZADOS EN EL LABORATORIO.....	43
Tabla 3-1.	PUNTOS DE RECIRCULACIÓN (COORDENADAS UTM)	49
Tabla 3-2.	PUNTOS DE CAMPO DE INFILTRACIÓN (COORDENADAS UTM)..	50
Tabla 3-3.	MEDICIÓN DE CAUDALES	51
Tabla 3-4.	PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA SU COMPARACIÓN	53
Tabla 3-5.	PARÁMETROS TOTALES ANALIZADOS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	53
Tabla 3-6.	CARACTERIZACIÓN INICIAL	54
Tabla 3-7.	CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE LIXIVIADOS	55
Tabla 3-8.	CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE LIXIVIADOS	56
Tabla 3-9.	CONTRASTE DE DATOS DE LOS PARÁMETROS F-Q.....	57
Tabla 3-10.	EXCEDENTES DE LOS PARÁMETROS F-Q	59
Tabla 3-11.	EXCEDENTES DE LOS PARÁMETROS F-Q	59
Tabla 3-12.	PROMEDIO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA.....	60
Tabla 3-13.	CONTRASTE DEL ANÁLISIS DE METALES PESADOS	61
Tabla 3-14.	PROMEDIOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA.....	62
Tabla 3-15.	EVALUACIÓN DE LOS PORCENTAJES REMOVIDOS DE METALES PESADOS – SR	63

Tabla 3-16.	EVALUACIÓN DE LOS PORCENTAJES REMOVIDOS DE METALES PESADOS – CI.....	63
Tabla3-17.	RESUMEN GENERAL	64
Tabla3-18.	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	64
Tabla 3-19.	ANÁLISIS DE DISEÑO EN BLOQUES	66
Tabla 3-20.	ANOVA PARA UN DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR.....	66
Tabla 3-21.	COMPARACIÓN GENERAL DE MEDIAS – DESVIACIONES	68
Tabla 4-1.	PROPUESTA DE ELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	26
Figura 2-1:	LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	36
Figura 3-1.	CONDUCCIÓN Y QUEMA DE GASES	47
Figura 3-2.	DETALLE DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	47
Figura 3-3.	DETALLE DE LA TUBERÍA DE DRENAJE	48
Figura 3-4.	DETALLE DE LA PISCINA	48
Figura 3-5.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE RECIRCULACIÓN.....	50
Figura 3-6.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CAMPO DE INFILTRACIÓN.....	51

INDICE DE GRAFICOS

Grafica 3-7.	GRAFICA DE CAUDALES PROMEDIOS.....	52
Grafica 3-8.	ANÁLISIS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.....	56
Grafica 3-9.	ANÁLISIS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “CAMPO DE INFILTRACIÓN”	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Datos meteorológicos.....	77
Anexo B.	Datos de precipitación.....	78
Anexo C.	Lugar de estudio.....	79
Anexo D.	Informe de Resultados del Sistema de Recirculación.....	80
Anexo E.	Informe de Resultados del Campo de Infiltración.....	81
Anexos F.	Equipo utilizado para la recirculación.....	82
Anexo G.	Piscina de regulación, lixiviado listo para recirculación.....	82
Anexo H.	Lugar de la recirculación en el relleno sanitario.....	83
Anexo I.	Lugar de muestreo de la recirculación.....	83
Anexo J.	Toma de muestra del lixiviado con la ayuda del trabajador.....	84
Anexo K.	Colocación de la tubería para la conducción de lixiviados al campo de infiltración.....	84
Anexo L.	Construcción del tanque de revisión.....	85
Anexo M.	Colocación de la grava sobre la tubería de drenaje.....	85
Anexo N.	Caudal de lixiviado para el campo de infiltración.....	86
Anexo O.	Toma de muestra campo de infiltración.....	86

INDICE DE ABREVIATURAS

MAE	Ministerio De Ambiente del Ecuador
PNGIDS	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
GADS	Gobiernos Autónomos Descentralizados
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
PAPLACA	Papel – Plástico – Cartón
RS	Relleno Sanitario
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
EMMAIPC	Empresa Pública Mancomunada de Aseo Integral
UGA	Unidad de Gestión Ambiental
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
KG	Kilogramo

PH	Potencial Hidrógeno
CH4	Metano
SH2	Gas Sulfhídrico
NH3	Amoniaco
Cd	Cadmio
Hg	Mercurio
Cu	Cobre
Pb	Plomo
Cr	Cromo
Al	Aluminio
Ni	Níquel
Mn	Manganeso
Zn	Zinc
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización
PFSS	Programa de Fortalecimiento de Servicios de Salud

RESUMEN

Se Analizó comparativamente los sistemas de tratamientos de lixiviados en el proceso de recirculación y campo de infiltración en el relleno sanitario de la Comunidad Yurak-Casha del Cantón Cañar de la Provincia de Cañar para proponer la tecnología de tratamiento más adecuada para el tipo de lixiviado generado de acuerdo a las características de remoción de contaminantes físico-químicos y de metales pesados presentes en el lixiviado.

Se utilizó dos técnicas de degradación anaerobias permitiendo disminuir la carga orgánica y metales pesados presentes; para la prueba de recirculación se ejecutó a través de una bomba de succión y una tubería de diámetro de dos pulgadas con una longitud de 100 metros, esto durante dos hora. El campo de infiltración es de 200 metros, a una profundidad de 0,5 metros, en la zanja se colocó 0,1 metros de grava y de igual forma la tubería se cubrió con grava de 0,1 metros de espesor, se colocó la tierra para cubrir en su totalidad.

Un análisis estableció que el mejor sistema para tratamiento de lixiviados es el sistema de campo de infiltración que actúa con un 48.43% de efectividad al momento de remover metales pesados y carga orgánica de lixiviados en comparación a su similar que tiene una efectividad de remoción del 17.81%.

Por lo tanto se concluye que; utilizando cualquier técnica se disminuirá los valores de los contaminantes presentes en el relleno sanitario dejando a criterio para su posterior implementación.

Se recomienda realizar un proceso de tratamiento de lixiviados adecuando un ambiente libre de contaminación de recursos hídricos como también suelos, acorde a la normativa ambiental y a las características técnico-económicas correspondientes.

Palabras Clave <RESIDUOS SOLIDOS> <LIXIVIADOS> <MATERIA ORGANICA>
<METALES PESADOS> <SISTEMAS DE TRATAMIENTO> <CAMPO DE
INFILTRACION> < RECIRCULACION> <ANALISIS COMPARATIVO>

ABSTRACT

Leachate systems are comparatively analyzed in the process of re circulation and infiltration field in the landfill of the community Casha Yurack Canton Cañar, Cañar Province. The most appropriate technology is proposed for treatment of the type of leachate generated according to the characteristics of physical and chemical removal of contaminants and heavy metals in the leachate.

Two techniques of anaerobic degradation were used allowing to reduce the organic load and heavy metals. For the test was run recirculation through a suction pump and a pipe diameter of 2 inches and length of 100 meters, it lasted two hours.

The infiltration field is 200 meters at a depth of 0.5 meters, 0.1 meters in the ditch gravel and similary pipe covered with gravel 0,1 meters thick was placed earth was placed to fully cover it.

Analysis established that the best system for leachate treatment is acting infiltration field with 48,43% effective when removing heavy metals and organic load of leachate compared to its similar which is effective for removal of 17.81%

Therefore we conclude that using any technique to decrease the values of contaminants in the landfill leaving an open criteria for further implementation.

It is recommend a suitable treatment process for leachate and an suitable environment free from pollution of water resources and soils. This must be in accordance with environmental regulations and the corresponding technical and economic characteristics.

Key words:

<SOLID WASTE>, <LEACHATE>, <ORGANIC MATERIAL>,<HEAVY METALS>,
<TREATMENT SYSTEM>,<INFILTRATION FIELD>,<RECIRCULATION>,
<COMPARATIVE ANALYSIS>

INTRODUCCIÓN

Situación Problemática

En la actualidad los residuos sólidos son un problema social y ambiental, ya que afecta a la salud de las personas y al ambiente cuando no son manejados correctamente. Los residuos se vienen generando desde tiempos antiguos, desde la evolución de los primeros seres humanos, ya que con el pasar de los años los residuos solo han cambiado en su composición.

Para un buen manejo y su correcta disposición final de los residuos sólidos se han ido mejorando la tecnología así han creado los rellenos sanitarios, en la actualidad los rellenos sanitarios presentan un problema, la generación de los lixiviados a partir de la descomposición de los residuos y la percolación de las aguas lluvias a través del suelo de cobertura del relleno, estos lixiviados al no ser tratados y manejados correctamente son altamente contaminantes tanto para el agua como para el suelo.

Formulación del Problema

La disposición de los lixiviados constituye un problema de manejo y de toxicidad para cada sociedad; el hecho de dar una disposición adecuada veraz y oportuna de los residuos sólidos de cada parroquia, comunidad o ciudad involucra además la posibilidad contaminante del lugar en donde se realiza la disposición como por ejemplo aguas subterráneas, superficiales como suministros acuíferos entre otros; es así que la adecuación de la técnica más apropiada previo a la incorporación final de los percolados o lixiviados a los recursos hídricos naturales; es sin duda un objeto de estudio, análisis e investigación, siendo necesario algún tipo de tratamiento posterior que dependerá de los requisitos de los permisos de vertimiento en cada caso. El hecho de comparar sistemas anaeróbicos involucra la minimización de costos, efectividad de remoción de contaminantes, reutilización de subproductos de la degradación orgánica (gas metano) y aspectos estéticos considerando las capacidades técnicas de cada relleno sanitario.

Justificación Teórica

En el Ecuador desde el año 2002 hasta el 2010 la situación a nivel nacional no había variado significativamente, de un total de 221 municipios 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y contaminando los recursos suelo, agua y aire.

Bajo este contexto, el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en abril del año 2010, crea el PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS (PNGIDS), con el objetivo primordial de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas; a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados.

Este trabajo de análisis de dos sistemas de tratamientos de lixiviados consolida la adecuación integra de los manejos de desechos sólidos y fortalece las metas iniciales definidas por el Programa Nacional (PNGIDS), que contemplaba que un 70% de la población del Ecuador disponga sus desechos en un relleno sanitario técnicamente manejado hasta el año 2014.

En la actualidad el programa ha iniciado una nueva etapa que ha supuesto la ampliación del plazo de ejecución hasta el 2017, año para el cual el objetivo es eliminar los botaderos a cielo abierto de todos los municipios del país y sean reemplazados por un relleno sanitario estipulado y estratégicamente adecuado

Justificación Práctica

Los sistemas de tratamientos adecuados disminuirán graves afecciones sanitarias y ambientales, con la consiguiente afectación a la salud de la población y en especial de los grupos de minadores que trabajaban en condiciones inadecuadas por lo que se realizan los estudios correspondientes para el saneamiento de éste botadero, mismo que se contempló en el cierre técnico para lo cual se planificó y se recomendó que el sitio sea habilitado como relleno sanitario temporal para receptar temporalmente los desechos sólidos y paralelamente proceder con la clausura técnica del botadero existente.

La Investigación de Sistemas de Recirculación y Campo de Infiltración es muy prometedora ya que hasta el momento el PNGIDS MAE ha beneficiado a 15 GADs con la entrega de geomembranas que ayudarían para la implementación de esta tecnología y ha financiado el estudio de Gestión Integral de Residuos Sólidos de 47 GADs de los cuales 24 han finalizado y los restantes 23 están en proceso. (12)

De igual forma la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, se encuentra realizando iniciativas tal como la campaña de separación en la fuente de los residuos sólidos en la ciudad de Cañar y El Tambo con el objetivo de realizar un compostaje con los residuos orgánicos. Por un lado los residuos inorgánicos dispuestos del relleno sanitario son reciclados y por otro lado los residuos si utilidad son enterrados, dispuestos en el respectivo relleno.

La Ilustre Municipalidad de Cañar es la entidad responsable del manejo o gestión integral de los desechos sólidos generados en la ciudad y el cantón Cañar, esta labor al interior de la misma es realizada por parte de la Unidad de Gestión Ambiental UGA-Pachakamak.

Es así que esta investigación cuenta con el auspicio y respaldo respectivo de la Unidad de Gestión Ambiental

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar comparativamente el sistema de tratamiento de lixiviados recirculación y campo de infiltración implementado en el relleno sanitario YURAK- CASHA en el periodo 2014.

Objetivos Específicos

- Caracterización del material previo y post a la implementación del sistema de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de Yurak- Casha.
- Determinar acorde a la normativa vigente los límites permisibles de los parámetros analizados de los lixiviados por cada sistema de tratamiento efectuado
- Proponer la tecnología de tratamiento más adecuada para el tipo de lixiviado generado de acuerdo a las características de remoción de contaminantes físico-químicos y de metales pesados presentes en el relleno sanitario de Yurak- Casha.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marco Filosófico de la Investigación

El control y manejo de desechos sólidos se contempla en el artículo 46 y 125 del Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), y las acciones actuales, en las políticas ambientales nacionales que el Ministerio del Ambiente emitió mediante Acuerdo Ministerial N° 86, del 11 de noviembre del 2009 relacionadas con este tema.

Se ha replanteado mediante el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) las estrategias a aplicarse en la gestión Integral de los desechos a nivel nacional, que contemplan tanto el aprovechamiento energético y la recuperación de los residuos agregando un valor a estos en cada etapa del proceso desde la generación hasta la disposición final (PNGIDS.; Ecuador., 2002)

1.1.1 Generación y Composición de los Residuos Sólidos

La generación de residuos dentro de una urbe, comunidad o zona industrializada va a depender de diversos factores tales como el nivel de vida de la población, nivel de consumo, etc. Consecuentemente se menciona que en las zonas urbanas presenta un mayor nivel de producción elevada y de igual manera en áreas de gran desarrollo industrial de acuerdo a la actividad realizada (PFSS.; Ecuador., 2007). Es así que encontramos valores de generación de RSU per cápita que van desde 1,6 Kg/persona-día hasta 0,37Kg Kg/persona-día en países altamente industrializados. (Martínez L.; et al., 2014, P. 120-150)

Los residuos sólidos urbanos incluyen residuos no peligrosos o inertes, como pueden ser materia orgánica, papel y cartón, vidrio, plástico, metales, madera y residuos peligrosos normalmente en pequeñas cantidades tales como medicamentos, baterías disolventes, artefactos electrónicos, (Martínez L.; et al., 2014, P. 120-150)

1.1.2 Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

Para la planificación y posterior planteamiento de estrategias de los RSU es necesario e indispensable conocer los siguientes datos técnicos: cantidad y características de los residuos sólidos (densidad y composición) con un panorama al área de estudio como son viviendas, comercios, mercados, instituciones, etc.

Así como la cantidad de población y número de personas que hábitat por cada familia para establecer la relación per cápita de la generación respectiva y posterior implementación de sistemas de recolección.

1.1.3 Sistemas de Recolección y Disposición de los RSU

Se establecen básicamente dos tipos de modelos de recolección (Manual de Estudio de Casos, UE; 2010, Primera Edición):

- **Recolección en masa:** Generalmente este tipo de recolección no involucra una separación en el origen y una separación posterior; cabe indicar que en estos casos existe un reciclaje informal por parte de “mineros” de una manera no conceptuada y exponiendo a riesgos sanitarios a las personas que la realizan.
- **Recolección selectiva:** Para este caso existe una recolección por fracciones de los residuos, habitualmente una separación de PAPLACA y una fracción orgánica y rechazo.

Para una disposición de los RSU se debe realizar un diagnóstico considerando los siguientes aspectos (Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales; Ebook, 1998):

- **Caracterización del área de estudio de disposición:** Contexto legal, contexto eco-geográfico, actividad económica, marco socio-económico, educación, salud, servicios básicos, organización social.
- **Aspectos administrativos y financieros:** Organismos involucrados en la gestión y sus interrelaciones, el personal empleado directamente, normativas municipales u otras normas legales, presupuesto y ejecución del mismo y el sistema económico para financiar la gestión de los residuos
- **Aspectos técnico-operativos:** Corresponde a la caracterización de los residuos, almacenamiento, recolección, transporte, estaciones de transferencia, y centros de tratamiento considerando la revisión de los métodos y la eficiencia de cada una de las etapas de gestión.

1.2 Antecedentes de la Investigación

En el año 2009, el Ministerio del Ambiente realizó observaciones a los distintos municipios por no cumplir con la normativa y la política de gestión integral de residuos sólidos.

Desde entonces el mecanismo de control viene brindando el apoyo necesario a 33 GADs en la gestión integral de residuos sólidos.

En cambio 61 municipios, presentaban proyectos de un manejo adecuado de sus desechos con falencias en sus criterios técnicos y en sitios de disposición final.

El relleno sanitario de Yurak-Casha que se encuentra localizado en el cantón Cañar, diariamente llegan 22 toneladas de residuos sólidos tanto del centro urbano como de la parte rural. El relleno sanitario de Yurak-Casha, cuenta con dos piscinas de regulación de

lixiviados y un tanque de ferrocemento para el almacenamiento del lixiviado, a los cuales se desea realizar el tratamiento mediante un campo de infiltración y de recirculación (PFSS.; Ecuador., 2007)

Debido a la falta de infraestructura como es un relleno sanitario para la disposición final de desechos sólidos, durante varios años éstos fueron vertidos en el botadero ubicado en el sector de Yurak-Casha (parroquia Cañar). Actualmente la entidad que administra el relleno sanitario temporal Yurak-Casha es la EMPRESA PÚBLICA MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL PARA LOS CUATRO CANTONES EMMAIPC-EP.

Una vez solicitada la Categorización para el proyecto “Conversión del botadero de basura de Yurak-Casha a relleno sanitario temporal y con el cierre técnico Paralelo” ante el Ministerio del Ambiente, Dirección Provincial del Cañar, éste ha establecido que el mismo se considerará Categoría A (CONSEJO MUNICIPAL CAÑAR Alcaldía.; 2015)

La OPS y la OMS realizaron estudios para determinar los indicadores de la gestión integral de residuos sólidos, en dicho estudio no contaron con una línea base que permitiera medir con precisión, el cual establecieron que la planificación se debe realizar por diferentes regiones y teniendo en cuenta diferentes parámetros.

PFSS.; Ecuador., 2007).

El COOTAD en su artículo 55 establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales son los responsables directos de “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental” (COOTAD.; Ecuador., 2012).

El MIDUVI y el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, según estudios realizados establecieron un promedio de 84,2% que cuenta con servicio de recolección en la parte urbana y un 54,1% en lo que se refiere a la parte rural.

El 24% de los GADs de todo el país cuentan con campañas de separación en la fuente de los residuos, el 26% realizan procesos como compost y el 32% realizan un tratamiento adecuado de los desechos sanitarios generados en hospitales, centros de salud y consultorio privados.

Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos, etc.), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de deslaves, proliferación de insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población.

La cantidad de basura producida en nuestro país supera los 4,06 millones de toneladas métricas al año y la producción per cápita esta en 0,74 kg. La estimación para la producción de basura dentro de dos años será de 5,4 millones de toneladas métricas anuales, para lo cual las políticas de concientización ambiental deben estar presentes en todo el país. (PNGIDS.; Ecuador., 2002).

La Legislación Ambiental vigente, considera en el Libro VI, Anexo VI del TULSMA Normas de Calidad Ambiental para un tratamiento adecuado de los Residuos Sólidos no peligrosos, para garantizar el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, se han realizado algunos alcances a la legislación, como la publicación del Acuerdo Ministerial 031, en el que se incluyen los procesos de cierre técnico y saneamiento de botaderos de los desechos sólidos y viabilidad técnica. Así como el tratamiento de desechos peligrosos en los Acuerdos Ministeriales 026, 161 y 142; y de desechos especiales en el Acuerdo 190 (Política Nacional de Post-consumo de equipos eléctricos y electrónicos) (TULSMA.; Ecuador., 2010).

En el contexto mundial de actualidad la Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) es un tema de preocupación fundamental y en especial para los países de América del Sur donde

el crecimiento demográfico es alto, las políticas no son estrictas, y el desarrollo de mecanismos y tecnologías de tratamiento es reducido.

La disposición y gestión de los RSU puede ser diferente, sin embargo, en la mayoría de casos son dispuestos rellenos sanitarios de varias cualificaciones técnicas para evitar la contaminación del suelo, agua superficial y agua subterránea (Bezama, Aguayo, Konrad, Navia, & Lorber.; 2007).

1.3 Bases Teóricas

1.3.1 Residuos sólidos

Son productos de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios que pueden ser transformados en nuevos subproductos con valor agregado por tratamientos mecánico-biológicos o en su defecto ser dispuestos de forma que no afecten al ambiente. Los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos relativamente inertes (Flores, D., 2001).

Tabla 1-1: RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (% P/P)

País	H2O	Papel y cartón	Metales	Vidrio	Textiles	Plásticos	Orgánicos	Otros /inertes
Ecuador	-	10.5	1.6	2.2	-	4.5	71.4	9.8

Fuente: (Bezama, Aguayo, Konrad, Navia, & Lorber, 2007).

1.3.2 Clasificación de los residuos sólidos

La clasificación de los residuos sólidos ha estado catalogado desde diversos puntos de vista desde su estado físico: sólidos, líquidos, gaseosos; y como también desde su estructura química como tenemos (Hontoria García y Zamorano Toro, 2000):

1. Residuos Sólidos orgánicos: Son aquellos que en algún momento formaron parte de un ser viviente o también formado por la transformación de combustibles fósiles en sus derivados.

2. Residuos Sólidos Inertes: Son aquellos que no son biodegradables, proceden de la extracción, o procesamiento de los recursos minerales, tales como los de la construcción.

3. Residuos Sólidos Peligrosos: son residuos que debido a sus características no pueden ser acoplados a procesos de recuperación o de transformación

(Hontoria García y Zamorano Toro, 2000) nos menciona que de acuerdo al uso que se les puede dar se clasifican en agrícolas, forestales, ganaderos, industriales y residuos urbanos, considerando dentro de estos últimos a los residuos sólidos urbanos y a los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

La naturaleza de los residuos sólidos urbanos es muy variada debido a la diversidad tecnológica e industrial que origina la actividad en los núcleos de la población o sus zonas de influencia, constituyéndose en un problema para el hombre desde el momento de su producción por el hecho de que alcanza grandes volúmenes (Tchobanoglous et al., 1994; Costa et al., 1995; Hontoria García y Zamorano Toro, 2000):

- Residuos sólidos de origen doméstico, de mataderos, mercados de alimentación, etc.
- Aguas residuales, cuando no existen sistemas de depuración, o lodos, si se aplican los sistemas adecuados.
- Gases de diversa procedencia expulsados a la atmósfera en el proceso de incineración de residuos sólidos y que además incluyen escorias y cenizas.

1.3.3 Características de los Residuos Sólidos Urbanos

Las Características generales de los residuos sólidos son los siguientes (Costa et al., 1995):

1. Densidad: Este parámetro varía de acuerdo a la heterogeneidad de los residuos, en lugares proyectados con alto nivel de vida, la densidad es baja; no así en los países en vías de desarrollo.
2. El contenido de agua: Esta medida influye en gran manera en el poder calorífico de las basuras como también en su transformación biológica. Es menor en las zonas céntricas de las ciudades y todo lo contrario en zonas rurales o de mayor comercio.
3. La relación C/N: En países desarrollados en donde la fracción papel-cartón que hace que dicha relación aumente es de 35, mientras que en los demás es inferior a 28. Su valor óptimo es de 20-35 para una transformación biológica adecuada.

1.3.4 Composición de los residuos sólidos urbanos.

Es importante conocer la composición de los residuos que se pretende gestionar dado que su conocimiento nos permite dimensionar los sistemas de tratamiento, que hacen referencia a la incineración y compostaje y también las instalaciones que sean adecuadas en lo posible, es así que ayudan a una información preliminar para conocer el valor de los productos que pueden ser reutilizados en plantas de reciclaje (Hontoria García y Zamorano Toro, 2000). La Figura 1-1 nos indica una caracterización de los residuos sólidos de la Ciudad de Cañar.

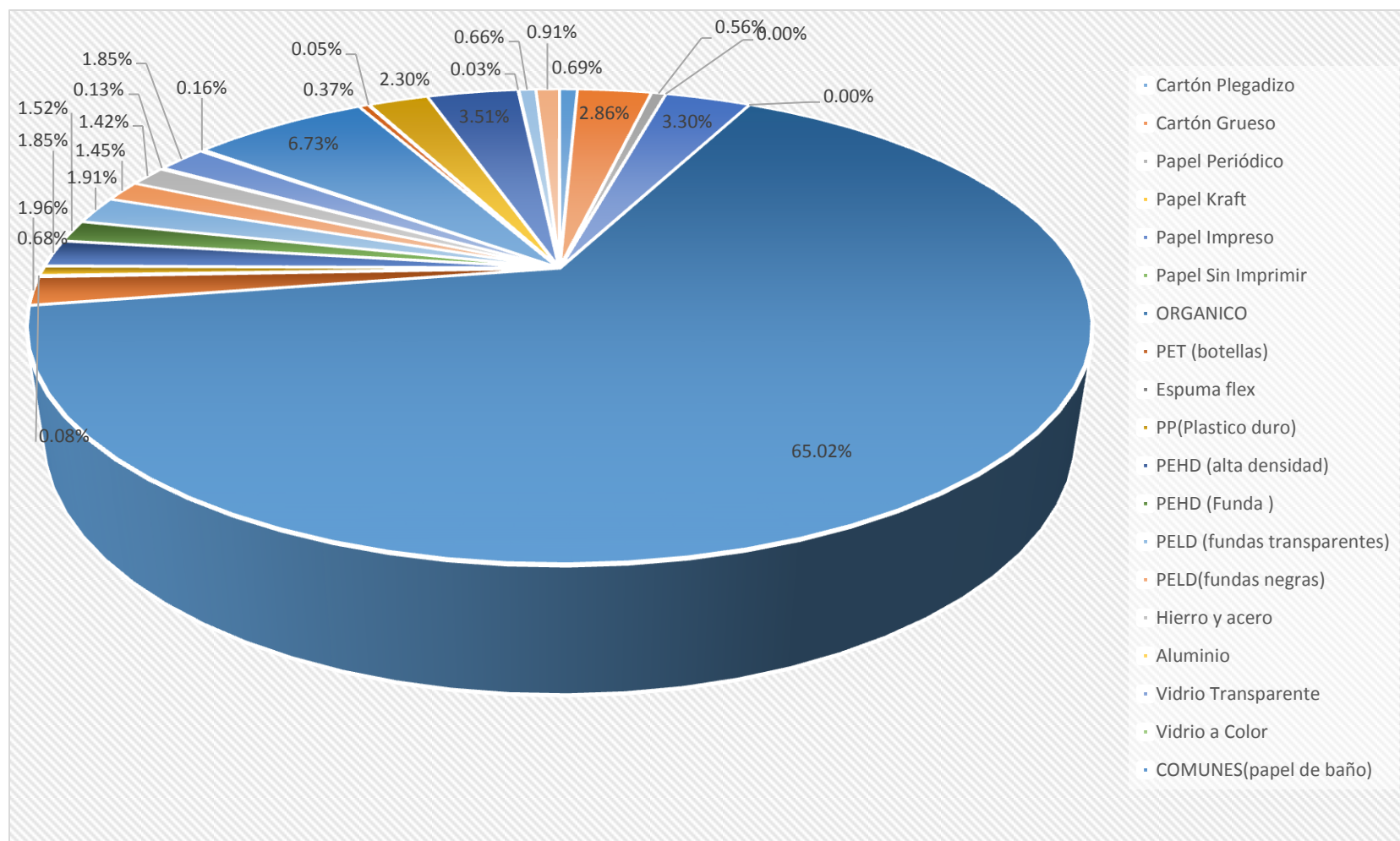


Figura 1-1: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Fuente: (Emmaip, 2012.)

1.3.5 Relleno sanitario

Son obras de ingeniería donde se realiza la disposición final de los residuos sólidos urbanos como última etapa de la gestión. Es una técnica de bajo costo y en términos ambientales la más recomendada para localidades con grandes áreas y escasos recursos económicos (Couto et al., 2013).

Los residuos líquidos generados, conocidos como lixiviados son el problema ambiental más serio en los rellenos sanitarios. La obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado. Un relleno sanitario planificado y ambiental de las basuras domésticas ofrece, una vez terminada su vida útil, ofrece excelentes perspectivas para realizar actividades agropecuarias en el largo plazo. (Karadag et al., 2007)

1.3.6 Lixiviados

Conocido como el efecto de la combinación de residuos entre componentes orgánicos e inorgánicos resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de sólidos procedente del propio residuo o de la lluvia producido por el exceso puntual de humedad de la masa en descomposición.

Corresponde a las emisiones secundarias de los residuos sólidos de un relleno sanitario que se producen a lo largo del proceso de su disposición. Entre las emisiones mencionadas tenemos las siguientes:

Emisiones líquidas (lixiviados): Su control habitualmente se lo realiza mezclando con otros residuos que absorban agua generalmente en su propio lugar de almacenamiento, a través de geo membranas que impidan la contaminación de zonas acuíferas o aguas subterráneas mientras se trate oportunamente y con la técnica adecuada .

Emisiones gaseosas: Son las emisiones producto de los tratamientos que involucren condiciones anaerobias; sin embargo pueden ser muy útiles por el aprovechamiento de

los residuos para fines de producción de Biogás siempre y cuando el proceso se desarrolle adecuadamente; entre los gases presentes de una técnica no adecuada podemos encontrar los siguientes (Rojas-Valencia.; et al., 2010):

- Amoniaco: Implica una perdida en la calidad del compost ya que disminuye la cantidad de nitrógeno; provocando impactos ambientales como la lluvia ácida
- SH₂, y ácidos grasos volátiles
- Compuestos Orgánicos Volátiles

1.3.7 Percolados

Los residuos sólidos, especialmente los orgánicos liberan agua y líquidos orgánicos al ser compactados por maquinaria, el mismo que escurre hacia la base de la celda. La basura actúa en cierta medida como una esponja, recupera parcialmente estos líquidos, sin embargo gran parte permanece en la base de la celda.

La descomposición anaeróbica actúa rápidamente en un Relleno Sanitario (RS), cambiando la naturaleza de la materia orgánica, esto significa de sólida a líquida y luego a gas. Los lixiviados contienen materia orgánica, nitrógeno amoniacal, metales pesados y sales (Uygur y Kargi., 2004).

Las características químicas de los lixiviados varía de acuerdo a los factores como el clima, la edad del RS, la composición de la basura y geología del terreno (Karadag et al, 2007) (Ver Tabla 1-2). Aunque la generación de lixiviados depende varios factores, la variabilidad en las características de los contaminantes depende cada lugar.

Tabla 1-2: COMPOSICIÓN DE LIXIVIADOS EN UN RS CON DESECHOS DOMÉSTICOS

Componentes	Rango (mg/L)
Cloruros	100-400
Cobre	0-9
Hierro	50-600
Continuará...	

...Continúa	
Cadmio	0-17
Cromo (VI)	2
Plomo	2
Sodio	200-2000
Sulfatos	100-1500
Nitratos	may-40
Dureza (CaCO ₃)	300-10000
DBO ₅	2000-30000
DQO	3000-45000
pH	5,3-8,5

Fuente: (Cepis, 2012).

Los lixiviados se genera por el contenido de agua de los residuos, la percolación del flujo de agua de lluvia a través del RS y los procesos bioquímicos celulares (Renou et al., 2008).

1.3.8 Caracterización de los lixiviados

De acuerdo a (Martínez, A., 2014) los lixiviados son altamente contaminantes por diferentes componentes presentes patógenos, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, nutrientes, y por sustancias tóxicas (metales pesados y constituyentes orgánicos). Estas características indican los parámetros de tratamiento más importantes a ser removidos durante la etapa de tratamiento, sin embargo, para la selección de la tecnología a utilizar se debe considerar otras características no precisamente contaminantes, pueden afectar el funcionamiento de los procesos de tratamiento. (Braga et al., 2013).

1.4 Tratamiento de Lixiviados

Las alternativas de tratamiento pueden estar sujetas a los niveles de tratamiento que se desee llegar o por el tipo de remoción del contaminante. Los lixiviados contienen todos

los mayores grupos de contaminación conocidos: contaminación por patógenos, por materia orgánica, por nutrientes y por sustancias tóxicas.

1.4.1 Principales alternativas de tratamiento (Martínez, A., 2014):

Procesos Biológicos: Este proceso es efectivo para lixiviados que presenten altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y cuya relación DBO/DQO sea mayor a 0,4 lo cual sería un buen indicador de biodegradabilidad. De esta manera se indicara dos tipos de tratamientos:

Tratamiento Aerobio: Se lo realiza dentro de los tanques de depuración en presencia de oxígeno y agitación. Este tipo de tratamiento requiere de condiciones estables tales como carga orgánica, concentración de nutrientes, de PH, etc. Se puede llegar a realizar este tratamiento a partir de lagunas aireadas, sistema de lodos activados, sistemas biológicos, filtros percoladores, etc., .La capacidad de remoción de esta tecnología es del 90% de DBO.

Tratamiento anaerobio: este proceso genera menor cantidad de lodos a diferencia del tratamiento aerobio; sin embargo el proceso es el mismo pero en condiciones de ausencia de oxígeno, es muy importante tomar en cuenta problemas de toxicidad ya que al encontrarse en condiciones anaerobias puede aumentar considerablemente los niveles de amoníaco y de minerales disueltos para lo cual es indispensable una remoción previa del amoníaco. Otro problema a considerar es el aumento de material inorgánico precipitado lo cual taponaría los sistemas de conducción de los reactores y limita la actividad de los lodos.

Sistemas Naturales: Considerada una de las tecnologías alternas y menos contaminantes; por la creación de lagunas o humedales artificiales; tiene la ventaja de su simplicidad de operación y la posibilidad de llegar a diferentes niveles de tratamiento. Utilizando una combinación con este tipo de tratamiento se puede manejar mucho mejor problemas antes mencionados como son de toxicidad, acumulación de precipitados y aparición de espumas, ya que obteniendo mayores tiempos de retención hidráulica y volúmenes de procesos igualmente grandes permiten acomodar variaciones

de caudal, acumulaciones de precipitados como así también una baja producción de gases y por lo tanto espumas.

Sin embargo una de las principales desventajas de esta tecnología es la cantidad de terreno que requiere para realizar los procesos, no obstante por la naturaleza misma de los rellenos sanitarios en donde hay la necesidad de tener grandes áreas en especial por las zonas de amortiguamiento se podría pensar como sistemas de tratamiento; cabe recordar que esta tecnología es nueva y ya se ha puesto en marcha en países de Europa y Estados Unidos principalmente. (Padrón-Hernández, O. F. 2014).

1.4.2 Recirculación de los Lixiviados

El principal fin de esta técnica es el control de la libre dispersión de estos; siendo retornados al relleno por re infiltración dentro de los residuos dispuestos. Esta tecnología de control trata por medio de procesos biológicos, precipitación y de adsorción, aumentando el contenido de humedad del relleno ya que recirculan permanentemente incrementando la tasa de degradación biológica y la tasa de recuperación del metano producido en el relleno. (PFFS, 1998)

1.4.2.1 Métodos de recirculación de lixiviados

Aplicación Directa: A este proceso se le suma en la entrada de los residuos el descargue, el depósito y compactación. Este método requiere facilitar la acumulación de lixiviados por periodos cuando se presenten fuertes vientos, épocas de invierno, y la producción de lixiviados ya no puedan ser aplicados, Uno de los riesgos de este método es la producción de olores y el riesgo a la salud debido a la exposición. (Alternativas actuales de manejo de lixiviados, 2014, Red de revistas científicas)

- **Rociado por irrigación en la superficie del relleno:** Esta técnica permite que el volumen de los lixiviados se reduzcan por vía de la evaporación; el método es el mismo utilizado para irrigación de agua para cultivos; sin embargo podría traer consigo problemas de contaminación cruzada hacia pozos utilizados como fuentes de agua.

- **Aplicación Subsuperficial:** Conlleva a la construcción de un pozo vertical o bien un desagüe vertical dentro del relleno sanitario para la cual se debe realizar una gran excavación, este método disminuirá dramáticamente la exposición y así la contaminación atmosférica.

Tabla 1-3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADOS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presenta una reducción en la concentración de los lixiviados y los costos también se reducen. ✓ Aumenta el contenido de humedad en el relleno y esto ayuda a incrementar la tasa de Biodegradabilidad de los residuos presentes. ✓ Por el hecho de recircular la materia orgánica se trata en el mismo sistema, disminuyendo también costos ✓ Reducción de la contaminación ambiental por la remoción de sustancias inorgánicas en los lixiviados a través de la precipitación y adsorción ✓ La recirculación de los lixiviados permite una estabilidad biológica; reduciendo las amenazas ambientales y los monitoreos requeridos en la postclausura ✓ Incrementa la tasa de producción de metano. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los lixiviados son heterogéneos en su composición, dificultado su reacción con todos los residuos y garantizando su tratamiento. ✓ Riesgo de exposición cuando los lixiviados son expuestos en la superficie del relleno.

Fuente: (OPS/OMS, 1998).

1.5 Normativa Ambiental

Según el Artículo 46: En caso de existir peligro de un daño grave o irreversible al ambiente, la ausencia de certidumbre científica, no será usada por ninguna entidad reguladora nacional, regional, provincial o local, como una razón para posponer las medidas costo-efectivas que sean del caso para prevenir la degradación del ambiente.

Y el Art. 25: Cuando las entidades ambientales de control detectaren que los regulados ambientales incumplen las normas de protección ambiental, así como otras obligaciones ambientales, tuvieren pendiente autorizaciones, permisos, falta de aprobación de estudios, evaluaciones y otros documentos o estudios solicitados por la entidad ambiental de control. Considerando la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua inciso **4.2.3.7** toda descarga a un cuerpo de **agua dulce**, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (Ver tabla 1-4).

Tabla 1-4: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total	N	mg/l	15
Organoclorados Totales	Concentración de Organoclorados Totales	mg/l	0,05
Organofosforados Totales	Concentración de Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		5 a 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		mg/l	100
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Continuará...			

...Continúa

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: (Libro VI Anexo I Normas Recurso Agua, 2004).

1.6 Factores a considerar de riesgo para la configuración de un Sistema de Tratamiento de Lixiviados

1.6.1 Especificaciones técnicas para el diseño de campos de infiltración

Considerando que un campo de infiltración o también conocido como pozo de infiltración, es un hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar las aguas residuales o lixiviadas de un tanque séptico o un relleno sanitario así lo amerite el caso.

Consideraciones Previas:

- Los pozos u hoyos no deben ser empleados donde el abastecimiento de agua potable circundante sea de menos de 10 metros de profundidad, o donde el subsuelo este formado por rocas calcaras o rocas fracturadas, procurando la integridad de las aguas subterráneas
- No es recomendable y en medida es prohibido utilizar pozos sépticos, constituidos de estructura similar.
- El pozo de infiltración debe ser detallado a base de cálculos de pruebas de infiltración que se haga en cada estrato, de esta manera se utilizara una media ponderada para conocer la superficie de la capacidad del zanja o pozo para definir su diseño.

- d) El área útil del campo de infiltración se diseñara a partir de la división del caudal diario entre la tasa de infiltración
- e) Considerar los residuos ya sean estos homogéneos o heterogéneos según su fuente; ya que será necesario ampliar su diseño un 20% por cada uno de los tipos de descargas.
- f) Para tiempos de infiltración mayores a 60 minutos por cada 5 centímetros de descenso o una tasa de infiltración menor a 37lt/m² no se recomienda el campo de infiltración, debiéndose proyectar otro tipo de sistema de tratamiento.
- g) La distancia mínima de cualquier punto de la zanja de infiltración hacia una viviendas, tuberías, pozos de abastecimiento y cursos de aguas debe ser de 5, 15, y 30m respectivamente y a 3 metros de cualquier árbol
- h) El número de caja de distribución de flujos estará sujeta al número de zanjas que se requiera.
- i) Deberá existir una pantalla de atenuación que distribuya el flujo a todo el ancho de la caja.
- j) La longitud de zanja se determinara mediante la división del área útil del campo de infiltración entre el ancho de la zanja de infiltración
- k) Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de distribución, y la separación de eje a eje no deberá ser menor a 2,10m

1.6.2 Cuando utilizar Pozos o Campos de Infiltración:

Cuando se cuente con una área suficiente para la construcción o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo después estratos favorables a la infiltración.

El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0,15 m de espesor de grava gruesa de las mismas características que la empleada para rellenar el espacio entre el muro y el terreno natural.

El espacio entre el muro y el terreno natural se rellenara con arcilla o con el suelo natural extraído durante la etapa de excavación.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Parte Experimental

2.1.1 Lugar de Estudio

El lugar objeto de investigación fue La Mancomunidad del Pueblo Cañarí, ubicado en la Zona Austral en la Provincia del Cañar, constituido por los cantones de: Cañar, El Tambo, Suscal y Biblián, con 15 parroquias rurales, abarcando una población de 94.361 habitantes en una superficie de alrededor de los 2.300 Km² (INEN 2010). El objeto central de interés fue el Relleno Sanitario Yurak-Casha 17M 725602 9720217 UTM; ubicada en la comunidad del mismo nombre perteneciente a la Parroquia Urbana de Cañar, del Cantón Cañar y Provincia de Cañar por las características y capacidad en su manejo de residuos obteniendo una producción diaria de 22 Toneladas de desechos sólidos cubriendo un área de 7370 m².

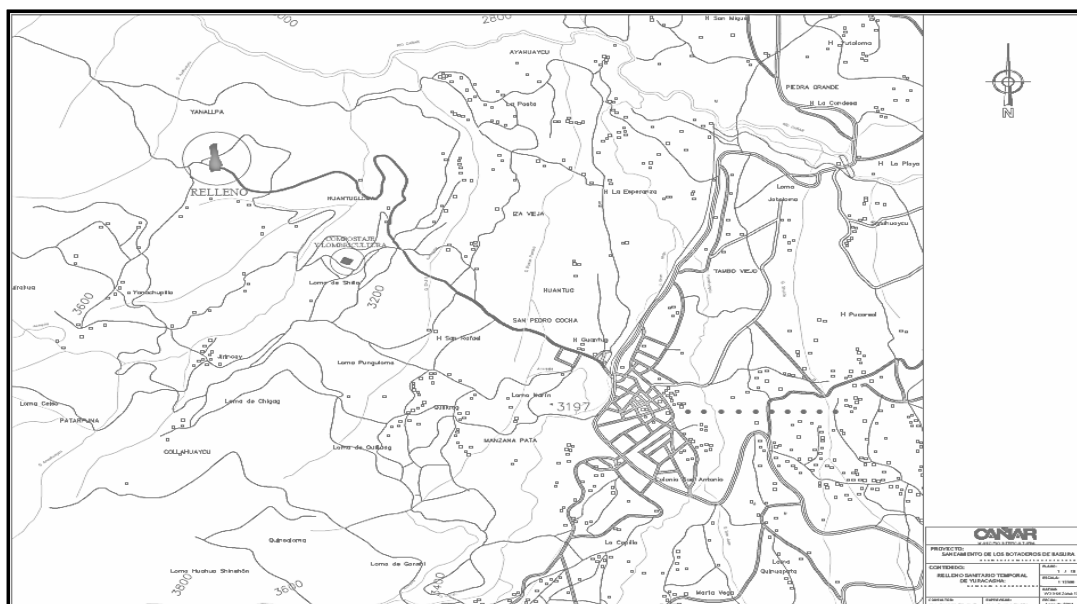


Figura 2-1: LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Fuente: (emmaipc-ep, 2014).

2.1.2 Identificación del relleno sanitario

El relleno sanitario Yurak-Casha se estructura como un relleno temporal; previo a estudios y al permiso ambiental otorgado mediante la ficha y plan de manejo respectivo para su operación ; siendo considerado anteriormente como un botadero de basura a cielo abierto; la necesidad de implementarlo consta de la demanda por parte del Municipio de Cantón Cañar; tanto por problemas de contaminación, olores, estética, y posibles riesgos sanitarios a los pobladores de la comunidad como también a las personas que laboran en el sitio como recolectores de papel, cartón o plástico como parte de su jornada laboral y estilo de vida por así decirlo; resguardando la integridad de aquellas personas como también la del ambiente y su alrededor se analizó su factibilidad para convertirlo en un relleno sanitario adecuado con todas las medidas, técnico legales que involucra.

2.2 Métodos

2.2.1 Reconocimiento de lugar

A través de la colaboración de dos miembros trabajadores del relleno sanitario, se procedió al reconocimiento del lugar de almacenamiento de lixiviados generado en el relleno sanitario, con la ayuda de los planos del relleno en donde se identificó las piscinas de regulación de lixiviados; como también de la celda del relleno.

Para el sistema de tratamiento de recirculación se procedió a la identificación de la piscina correspondiente a la regulación, identificando puntos accesibles y factibles para la toma de muestra posterior, conocidos como puntos o cajas de revisión.

Para el Sistema de Campo de Infiltración se procedió a observar el sitio idóneo en donde se llevaba a cabo su tratamiento que en este caso se encontraba a 100 metros del relleno sanitario como tal, posteriormente se constató que el tanque de ferrocemento que almacenaba el lixiviado se encuentre en una capacidad óptima para el desarrollo del tratamiento correspondiente.

2.2.2 Cuantificación de caudal

Diariamente, se realizó la medición del caudal de lixiviados, mediante aforos a la salida de la tubería que descarga los lixiviados a la piscina de regulación. Para tal propósito se utilizó una probeta volumétrica y adicionalmente un cronómetro por el lapso de 2 minutos.

Esta actividad se lo llevó a cabo con la ayuda de uno de los obreros y supervisada por el Responsable del relleno sanitario.

2.2.3 Muestreo de Lixiviados

Para la disposición y abasto de las muestras de lixiviados, se realizó en las cajas de revisión a la entrada de la piscina de regulación para la técnica de recirculación, mientras que para el muestreo de la técnica del campo de infiltración se ubicó tres puntos “pozos de revisión”, estratégicamente ubicados abarcando todo el área donde se realizaba el tratamiento de infiltración; tanto para el muestreo de recirculación y del campo de infiltración se tomó 3 muestras para su posterior análisis.

2.2.4 Caracterización de lixiviados

Los lixiviados están formados por diferentes componentes y concentraciones por la descomposición de los residuos después de la disposición final.

Al realizar la caracterización de los lixiviados se identificó los diferentes componentes y se cuantifico la concentración de los componentes en los lixiviados generados en el relleno sanitario de Yurak-Casha, los componentes que van a ser analizados después de aplicar los sistemas de tratamiento se muestran a continuación.

Tabla 2-1: PARÁMETROS PRESENTES EN LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN UN RELLENO SANITARIO

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l
ALUMINIO	SM/3120/ICP	µg/l
CADMIO	PEE/LS/AI/04	µg/l
COBRE	SM/3120/ICP	µg/l
CROMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MANGANESO	SM/3120/ICP	µg/l
HIERRO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MERCURIO	SM/3120/ICP	µg/l
NIQUEL	SM/3120/ICP	µg/l
PLOMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
ZINC	SM/3120/ICP	µg/l

Fuente: Cungachi, S. (2014).

2.2.5 Consideraciones Previas al Tratamiento

➤ Lugar de Vertido de lixiviados al realizar la recirculación:

El lugar para verter los lixiviados al realizar la recirculación no debe estar con mucha humedad ya que el suelo se satura y no existe infiltración y por ende se forma pozos de agua en el relleno y por ende dificulta el ingreso de la maquinaria.

➤ Tipo de estación para realizar la recirculación:

El tipo de estación para poder realizar la recirculación es verano, ya que cuando existe mucha precipitación el suelo se satura y por ende el suelo no absorbe los lixiviados.

➤ Zanjas de conducción para el campo de Infiltración:

Las zanjas de conducción desde el tanque de ferrocemento hasta el campo de infiltración tiene una longitud de 100 metros, en este caso la tubería utilizada fue la corrugada, por la resistencia que posee esta tubería.

➤ **Zanjas en Campo de infiltración:**

Las zanjas de infiltración tienen una medida de 200 metros de longitud, la profundidad de la zanja es de 0,50 metros y el ancho de la zanja es de 0,40 metros. De igual manera se identificó que la distancia de cualquier punto de la zanja a cualquier árbol sea mínima de 3,0 m. El fondo de la zanja de infiltración debe quedar por lo menos a 2,0 metros por encima del nivel freático.

2.2.6 Método para el Sistema del Campo de Infiltración

Para sistema de campo de infiltración se aprovechó la gravedad para la conducción de los lixiviados desde el tanque de almacenamiento, el campo está ubicado a una distancia de 80 metros del tanque de ferrocemento, el campo de infiltración tiene una longitud de 200 metros en forma de zigzag, la tubería que se utilizó es la de drenaje con un diámetro de 3 pulgadas.

2.2.7 Método para el Sistema de Recirculación

La recirculación de lixiviados se lo realiza desde la piscina de regulación ubicadas a una distancia de 100 metros del relleno, para lo que fue necesario contar con una bomba de succión de 6,5 hp, tubería de longitud de 150 metros y de diámetro de 2 pulgadas.

La recirculación tuvo lugar en la parte céntrica del relleno como también en la parte posterior, ya que en esta parte se encuentra más volumen de basura compactada y así tener un tiempo mucho mayor con respecto a la velocidad de infiltración, el tiempo efectivo fue de 2 horas abarcando todo el procedimiento detallado.

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Saneamiento de ETAPA para su análisis; teniendo en cuenta todos los protocolos pertinentes, el tiempo de respuesta de la caracterización de las muestras era de un alrededor de 8 días laborables.

2.3 Técnica de Análisis de Lixiviados

2.3.1 Análisis de DBO

La técnica de análisis sujeta a cada tipo de sistema planteado; estuvo a cargo del Laboratorio de saneamiento de ETAPA-EP, en la ciudad de Cuenca a través de la técnica de determinación respirométrica avalada por Métodos Estándar como también acreditada en su parámetros PEE/LS/FQ/01.

2.3.2 Análisis de DQO

La Demanda Química de Oxígeno sujeta por supuesto a medir la cantidad de sustancias a ser oxidadas que se encuentren disueltos o suspendidos en una muestra, se lo realizó a través de medios químicos como el método del dicromato potásico acreditado en PEE/LS/FQ/06 y avalado a través de Métodos Estándares.

2.3.3 Análisis de Metales Pesados

La determinación de la concentración de metales pesados presentes en los lixiviados se realizó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de igual manera en las instalaciones del Laboratorio de saneamiento de ETAPA-EP, en la ciudad de Cuenca; a criterio y estándares de calidad propios.

2.4 Lugar Experimental

El proyecto en cuestión se lo desarrollo en el Relleno Sanitario de la Comunidad Yurak-Casha del Cantón Cañar; Provincia de Azogues; obstante su caracterización y análisis se lo efectuó en el laboratorio de Saneamiento de la Ciudad de Cuenca.

2.4.1 Materiales Experimentales

Conforme conlleva las etapas de la investigación se detalla a continuación los equipos y materiales utilizados.

Tabla 2-4: MATERIALES UTILIZADOS EN CAMPO

ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	EQUIPOS Y MATERIALES	CANTIDAD
Identificación de los Sistemas de Tratamiento de Lixiviados en el Relleno Sanitario	Cámara Fotográfica	1
	Fichas Ambientales procedentes a la operación y funcionamiento	1
	Guías OPS/OMS	2
	GPS	1
	Anuarios INHAMI	1
	Flexómetros	2
	Botas de Caucho	1 par
	Guantes de látex	1 par
	Cascos	1
	Chalecos reflectores	1
	Overoles Protectores	1
Mediciones de Caudales	Fluxómetros	1
	Recipientes de volumen conocido como flotadores	2
	Cronómetro	1
Muestreo de Lixiviados	Guantes de látex	4 pares
	Fundas Ziploc Plásticas	10
	Botellas de Plástico	4
	Agua	2 litros
	Alcohol	1
	Balanza Analítica	1
Análisis Comparativo de Sistemas	Software Libres	1
	Ordenadores	1

Fuente: Cungachi, S. (2014).

2.4.2 Materiales de Laboratorio

Los materiales como reactivos y equipos están sujetas al criterio del laboratorio que estuvo a su cargo realizar la caracterización, por lo tanto se detalla en la Tabla 2-5 las siguientes:

Tabla 2-5: MATERIALES UTILIZADOS EN EL LABORATORIO

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS	SUSTANCIAS
Balanza Analítica	Erlenmeyers	Test de nutrientes	Agua Destilada
Agitadores Magnéticos	Vasos de Precipitación	Buffer de pH 7	Alcohol
Espectrofotómetro de absorción atómica	Tubos de ensayo	Dicromato	Iones de Plata
Sensores con Botellas para análisis de DBO	Gradilla	Potásico	Disolución de Hierro
Espectrofotómetro de masas	Micropipeteador de 100µl	Ácido Sulfúrico	
	Micropipeteador de 1000µl	Muestras en Blanco	
	Pipetas de 10ml		
	Puntas Volumétricas para Micropipeteador		
	Peras de Succión		
	Algodón		

Fuente: Cungachi, S. (2014).

2.5 Planteamiento de Hipótesis

2.5.1 Hipótesis Textual

“La comparación de los sistemas de tratamiento para lixiviados si influye de manera significativa en la remoción de contaminantes en el relleno sanitario Yurak – Casha”

2.5.2 Hipótesis Estadística

Relación del sistema de tratamiento con respecto a la concentración de contaminantes de los lixiviados en un relleno sanitario

Consecuentemente:

$$H_0: \delta C_{PIS} = \delta C_{DIS}$$

$$H_a: \delta C_{PIS} \neq \delta C_{DIS}$$

Dónde:

δC_{PIS} = Concentración de los contaminantes posterior a la implementación de los sistemas de tratamiento

δC_{DIS} = Concentración de los contaminantes posterior a la implementación de los sistemas de tratamiento

Variables dependientes: Sistemas de Tratamiento para Lixiviados

Variables Independientes: Concentración de contaminantes presentes en los lixiviados.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado del reconocimiento del lugar:

3.1.1 Recursos Hídricos: Su ubicación pertenece a la Cuenca del Río Cañar; la fuente de agua más cercana es el Río Cañar ubicada a una distancia de 911m aproximadamente. Las Estaciones Meteorológicas más cercanas son: La Estación “Cañar Dj Raura” ubicada a 10Km hacia el Este y la estación Cañar a 4.5 Km.

3.1.2 Uso de Suelo: La principal actividad cercana a la zona es la agricultura y ganadería. En cuanto a la aptitud del suelo perteneciente al área del relleno, se considera zonas marginales para la agricultura debido a la fuerte pendiente y escasa profundidad.

3.1.3 Flora y Fauna: Circundante al relleno se encuentra un bosque de eucalipto, así como cactus kikuyo, cultivos de maíz, habas y papas. En cuanto a fauna se aprecia ganado vacuno, ovino, y rata de campo; mientras que en avifauna mirlos (*Turdus fuscater*), chugos (*Pheucticus chrysogaster*), y gorriones (*Zonotrichia capensis*). Ver Fotografía:

3.1.4 Acceso Vial: El acceso desde cañar hacia el relleno se lo realiza mediante una vía de tercer orden (lastrada) de dos carriles que conduce al relleno y posteriormente a la comunidad. Ver registros de campo

3.1.5 Reconocimiento del Relleno Sanitario Yurak-Casha

Se reconoció que el relleno sanitario en cuestión se encontraba bajo los parámetros adecuados de operación, de funcionamiento, y en un lugar acorde según lo menciona la ley de gestión ambiental en su artículo 33, así como en el Libro VI: de la calidad ambiental; título ii: políticas nacionales de residuos sólidos, artículo 31 y 35 que hacen referencia a su ámbito de salud y ambiente y detalla sus aspectos técnicos para ser considerado como tal el relleno sanitario Yurak Casha.

El relleno Sanitario trata una cantidad de 22 toneladas en promedio de residuos sólidos tanto del centro urbano como de la parte rural contando con dos piscinas de regulación de lixiviados y un tanque de ferrocemento para el almacenamiento del lixiviado.

Actualmente la Entidad que administra este relleno La empresa pública mancomunada de aseo integral se acreditado como relleno de categoría A (consejo municipal cañar alcaldía.; 2015). Teniendo como visión ampliar su capacidad para abarcar y a la vez tratar los residuos de otros cantones aledaños.

3.1.5.1 Impermeabilización del Suelo

El relleno sanitario cuenta con geomembrana para la impermeabilización del suelo, para evitar la contaminación del suelo y de aguas subterráneas por los lixiviados percolados generados por la descomposición de la basura y como también por las aguas lluvias.

3.1.5.1.2 Capacidad de Infiltración del Suelo

A través de la ayuda del lisímetro se encontró que la capacidad o tasa de saturación del suelo en el Relleno Sanitario Yurak – Casha es de 0.070 litros /m² día y por lo tanto por la topografía del sitio en donde se puede emplazar el campo de infiltración, se previó construir el mismo en forma de “serpentín”

3.1.5.2 Conducción de Gases

El relleno sanitario cuenta con chimeneas para lo que es la conducción de gases en este caso el gas metano que es generado por la descomposición de los residuos sólidos, las chimeneas cuentan con hornillas para poder quemar el gas metano.

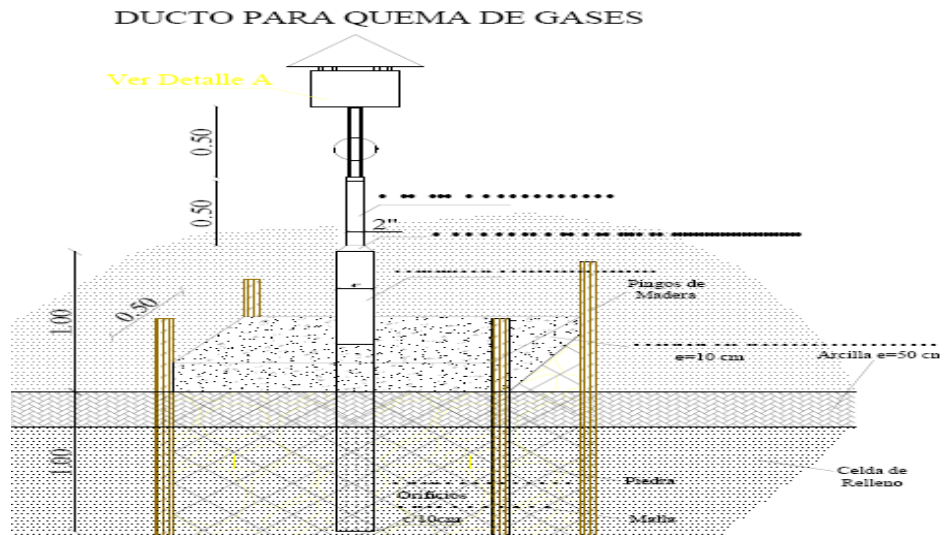


Figura 3-1. CONDUCCIÓN Y QUEMA DE GASES

Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

3.1.5.3 Conducción de Lixiviados

El sistema de drenaje para la conducción de lixiviados está compuesto por una columna de pescado, con una tubería central de 200 mm de diámetro que atraviesa todo el relleno y doce tuberías de 200mm de diámetro a cada lado para recoger todo el lixiviado que percole y genere por la descomposición de la basura.

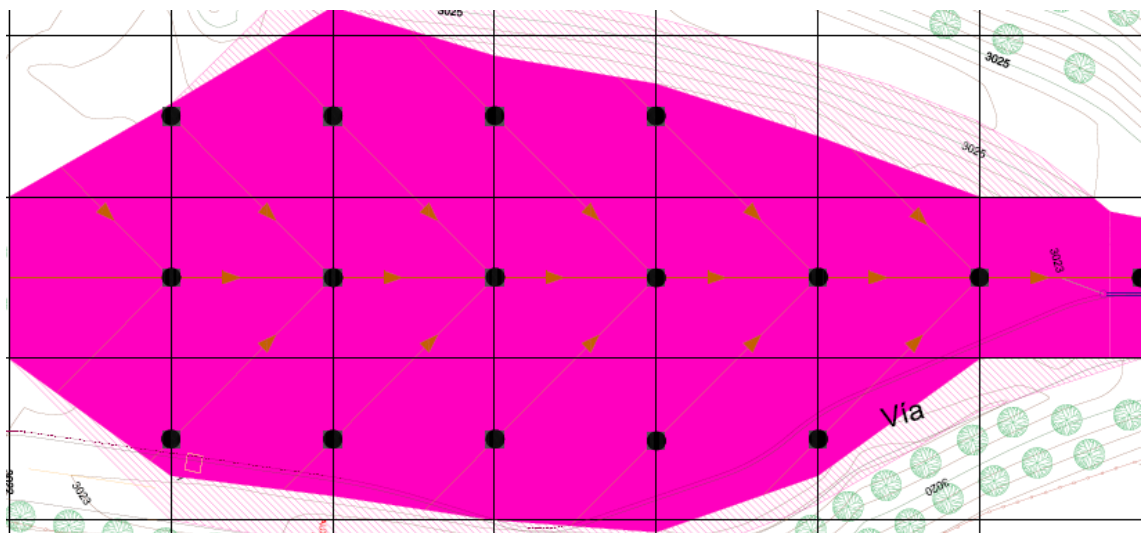


Figura 3-2. DETALLE DEL SISTEMA DE DRENAJE

Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

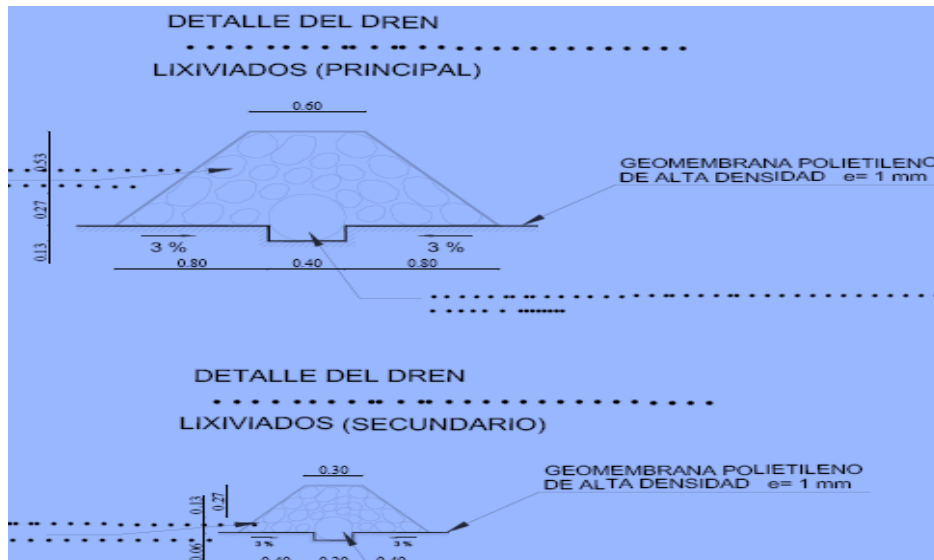


Figura 3-3. DETALLE DE LA TUBERÍA DE DRENAJE

Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

3.1.5.4 Piscina de lixiviados y tanque de Ferrocemento

El sistema de drenaje conecta con las piscina de regulación de lixiviados para su almacenamiento, estas piscinas cuentan con una longitud de 12 metros, con ancho de 4 metros y una profundidad de 2 metros, al momento que se llene los lixiviados en estas piscinas se lo traslada al tanque de ferrocemento, el volumen del mismo es de 50 m³.

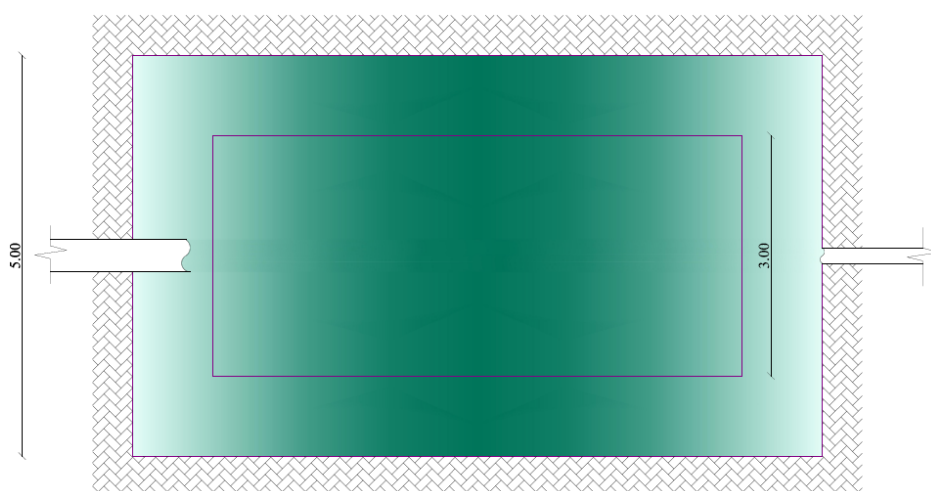


Figura 3-4. DETALLE DE LA PISCINA

Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

3.1.5.5 Nave de Reciclaje

Es así que hoy en día el Relleno Sanitario de Yurak-Casha cuenta con sistemas previos de separación de residuos, en este caso la banda transportadora, una prensa Hidráulica y un Bobcat para el transporte de las pacas o cubos de basura que genera en la planta para su tratamiento y disposición final de los desechos.

3.1.5.6 Nave de Compostaje

El relleno sanitario también cuenta con un Galpón de 600 m² para el tratamiento de los desechos orgánicos generados en la cabecera Cantonal de Cañar y El tambo, aquí se genera abono orgánico a través del compostaje, como producto de la descomposición de la materia orgánica se genera el biool que es almacenado en 16 tanques digestores.

3.2 Identificación de los Sistemas de Tratamiento

➤ Sistema de Recirculación:

En la Gráfica 3-5 se constata que el sistema es una piscina que almacena 50 m³ de lixiviados; los puntos para la recirculación de lixiviados fueron tomados estratégicamente según donde se encuentra el sistema de drenaje, el caudal de lixiviado bombeado desde la piscina hasta los puntos de recirculación fue de 3 litros por segundo durante dos horas en cuatro puntos diferentes en la celda del relleno.

Tabla 3-1. PUNTOS DE RECIRCULACIÓN (COORDENADAS UTM)

X	Y
725652	9720267
725682	9720317
726132	9720367
726232	9720417

Fuente: Cungachi, S. (2014).

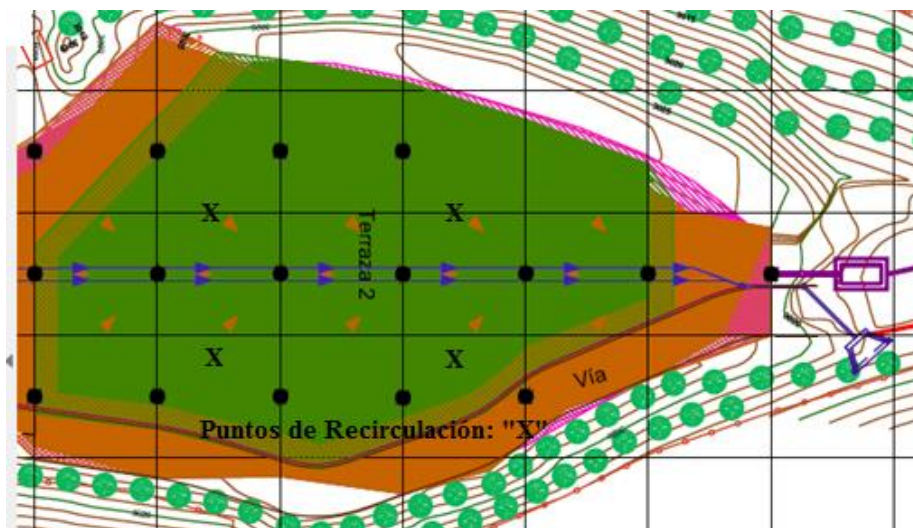


Figura 3-5. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE RECIRCULACIÓN

Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

➤ **Sistema de Campo de Infiltración:**

El Sistema del Campo de Infiltración se encuentra en un área de 200 metros, rodeado por vegetación de eucaliptos registrando un caudal de 0,8 litros por segundo durante un periodo de tres horas; siendo este almacenado en el tanque de ferrocemento y se deriva posterior hacia su tratamiento considerando una no sobresaturación.

Tabla 3-2. PUNTOS DE CAMPO DE INFILTRACIÓN (COORDENADAS UTM)

X	Y
725752	9720367
725782	9720417
726232	9720467
726332	9720517

Fuente: Cungachi, S. (2014).

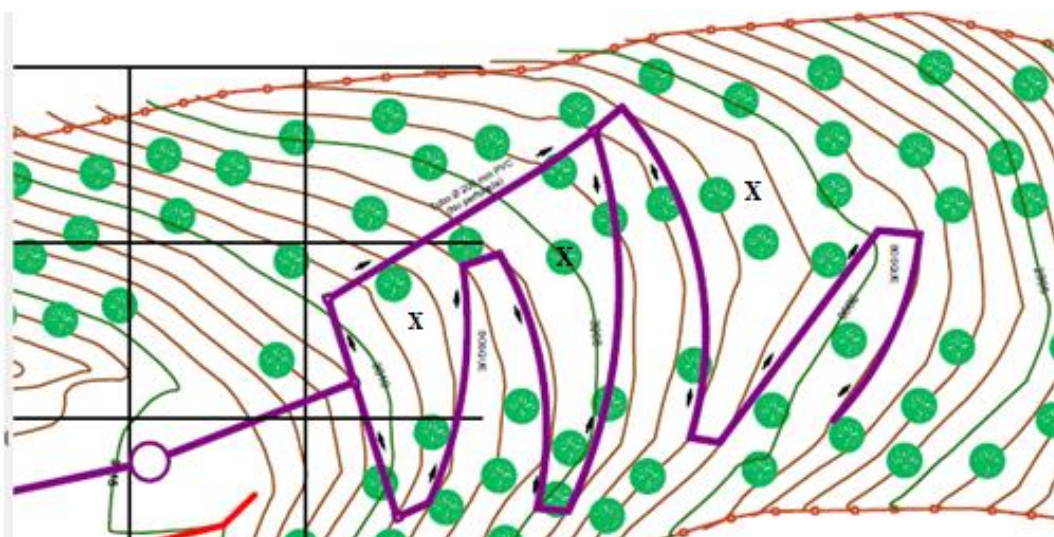


Figura 3-6. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CAMPO DE INFILTRACIÓN

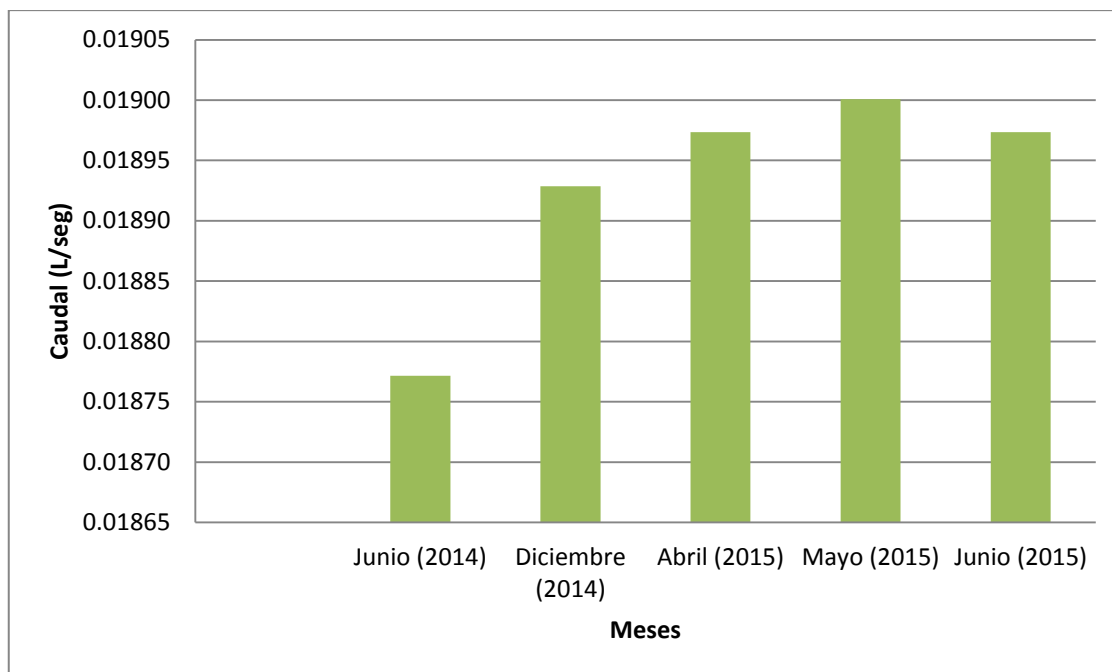
Fuente: (Emmaipc-ep, 2014).

3.3 Cuantificación de Caudales del relleno sanitario

Tabla 3-3. MEDICIÓN DE CAUDALES

MESES	CAUDAL PROMEDIO
Junio (2014)	0,01877
Diciembre (2014)	0,01893
Abril (2015)	0,01897
Mayo (2015)	0,01900
Junio (2015)	0,01897

Fuente: Cungachi, S. (2014)



Grafica 3-7. GRAFICA DE CAUDALES PROMEDIOS

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Los meses planteados como meses de muestreo están contrastados y sostenidos a través de los anuarios meteorológicos (Ver Anexo A y B); por consecuencia estos casos ya se esperaba.

Para el caso del Sistema de Recirculación se eligió los meses de Junio, Diciembre y Abril por el motivo de que son los meses que poseen un caudal bajo y esto ayudaría al desarrollo de la técnica en toda su magnitud.

Mientras que para la técnica del Campo de Infiltración correspondería realizar los meses que posean los caudales mayores ya que esto se requiere para que se desarrolle adecuadamente el proceso de tratamiento. Es así que se eligió los meses de Abril Mayo y Junio del 2015.

3.4 Parámetros analizados

En la siguiente tabla se detalla los parámetros que se consideraron para su comparación posterior según lo determina el MAE entre los principales a gestionar antes de su

descarga a un cuerpo de agua dulce. Sin embargo la técnica del sistema de recirculación nos permitió analizar otros parámetros físico-químicos adicionalmente (Ver Tabla 3-5.)

Tabla 3-4. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA SU COMPARACIÓN

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l
ALUMINIO	SM/3120/ICP	µg/l
CADMIO	PEE/LS/AI/04	µg/l
COBRE	SM/3120/ICP	µg/l
CROMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MANGANESO	SM/3120/ICP	µg/l
HIERRO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MERCURIO	SM/3120/ICP	µg/l
NIQUEL	SM/3120/ICP	µg/l
PLOMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
ZINC	SM/3120/ICP	µg/l

Fuente: (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2008)

Tabla 3-5. PARÁMETROS TOTALES ANALIZADOS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	mg/l
NITRATOS + NITRITOS	SM 4500 NO3 E	mg/l
PH	SM 4500 H B	mg/l
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 B	mg/l
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FQ/04	mg/l
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	mg/l
Continuará...		

...Continúa		
SULFUROS	SM 4500 SE	mg/l
ALUMINIO	SM/3120/ICP	µg/l
CADMIO	PEE/LS/AI/04	µg/l
COBRE	SM/3120/ICP	µg/l
CROMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MANGANESO	SM/3120/ICP	µg/l
HIERRO	PEE/LS/AI/04	µg/l
MERCURIO	SM/3120/ICP	µg/l
NIQUEL	SM/3120/ICP	µg/l
PLOMO	PEE/LS/AI/04	µg/l
ZINC	SM/3120/ICP	µg/l

Fuente: (Laboratorio de Saneamiento-Cuenca-Ecuador, 2014).

3.4.1 Caracterización de Lixiviados previo a la implementación de algún sistema de tratamiento

Tabla 3-6. CARACTERIZACIÓN INICIAL

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	Lixiviados
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l	300
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l	3300
Aluminio	SM/3120/ICP	µg/l	1082.04
Cadmio	SM/3120/ICP	µg/l	< 10
Cobre	SM/3120/ICP	µg/l	42.9
Cromo	SM/3120/ICP	µg/l	147.8
Manganeso	SM/3120/ICP	µg/l	327.8
Mercurio	SM/3120/ICP	µg/l	< 6
Níquel	SM/3120/ICP	µg/l	259.6
Plomo	SM/3120/ICP	µg/l	< 50
Zinc	SM/3120/ICP	µg/l	453.2

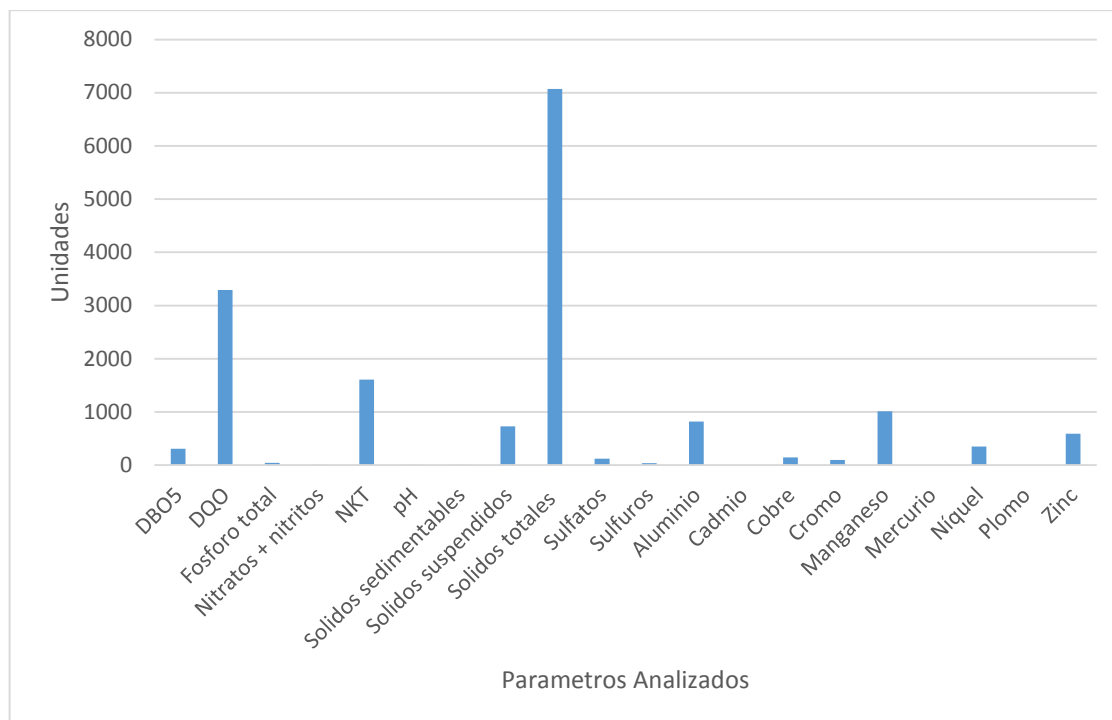
Fuente: (Laboratorio de Saneamiento-Cuenca-Ecuador, 2014).

3.4.2 Caracterización de Lixiviados posterior a la implementación del sistema de tratamiento “Recirculación de Lixiviados”

Tabla 3-7. CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE LIXIVIADOS

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	Lixiviados
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l	310
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l	3292
Fosforo total	PEEL/LS FQ/03	mg/l	40
Nitratos + nitritos	SM 4500 NO3 E	mgN/l	1
NKT	SM 4500 Norg B	mgN/l	1609
pH	PEE/LS/FQ/07	mg/l	8
Solidos sedimentables	SM 2540 F	mg/l	7
Solidos suspendidos	PEE/LS/FQ/04	mg/l	731
Solidos totales	PEE/LS/FQ/05	mg/l	7068
Sulfatos	SM 4500 S04 E	mg/l	120
Sulfuros	SM 4500 S E	mg/l	34
Aluminio	SM/3120/ICP	µg/l	818
Cadmio	PEE/LS/AI/04	µg/l	< 6
Cobre	PEE/LS/AI/04	µg/l	143
Cromo	PEE/LS/AI/04	µg/l	99
Manganeso	PEE/LS/AI/04	µg/l	1011
Mercurio	SM/3120/ICP	µg/l	< 6
Níquel	PEE/LS/AI/04	µg/l	350
Plomo	PEE/LS/AI/04	µg/l	< 50
Zinc	SM/3120/ICP	µg/l	589

Fuente: Cungachi, S. (2014).



Grafica 3-8. ANÁLISIS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

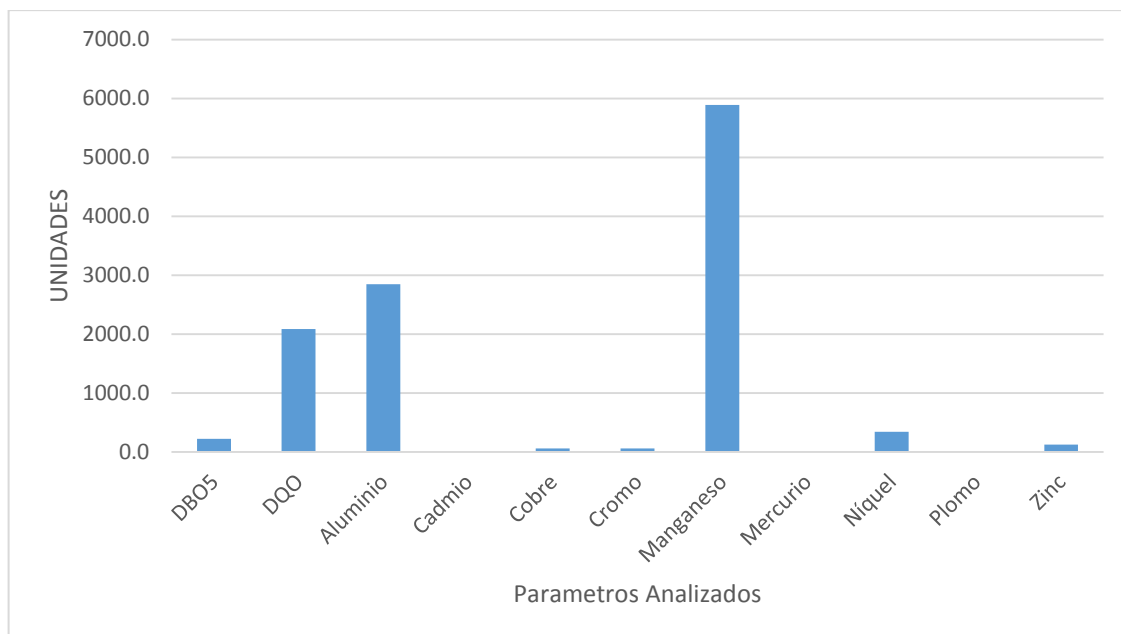
Fuente: Cungachi, S. (2014).

3.4.3 Caracterización de Lixiviados posterior a la implementación del sistema de tratamiento “Campo de Infiltración”

Tabla 3-8. CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE LIXIVIADOS

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	Lixiviados
DBO5	PEE/LS/FQ/01	mg/l	224,7
DQO	PEE/LS/FQ/06	mg/l	2088,3
Aluminio	SM/3120/ICP	µg/l	2846,8
Cadmio	SM/3120/ICP	µg/l	9,5
Cobre	SM/3120/ICP	µg/l	60,2
Cromo	SM/3120/ICP	µg/l	59,5
Manganeseo	SM/3120/ICP	µg/l	5889,8
Plomo	SM/3120/ICP	µg/l	< 50
Zinc	SM/3120/ICP	µg/l	125,6

Fuente: Cungachi, S. (2014).



Grafica 3-9. ANÁLISIS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “CAMPO DE INFILTRACIÓN

Fuente: Cungachi, S. (2014).

3.5. Balance de los Parámetros Físico-Químicos de los Sistemas de Tratamiento

Tomando en cuenta que el método de análisis en los dos casos es idéntico podemos evaluar los comportamientos de los sistemas con respecto a los límites permisibles para determinar si se encuentran bajo normativa ambiental.

Tabla 3-9. CONTRASTE DE DATOS DE LOS PARÁMETROS F-Q

PARAMETROS	FRECUENCIA DE TRATAMIENTO POR TECNICA					
	Sistema de Recirculación			Campo de Infiltración		
	Junio	Diciembre	Abril	Abril	Mayo	Junio
DBO5	-	-	-	-	-	-
DQO	-	-	-	-	-	-
Fosforo total	-	-	-	NA	NA	NA
Continuará...						

... Continúa						
NKT	-	-	-	NA	NA	NA
pH	✓	✓	✓	NA	NA	NA
Solidos sedimentables	-	-	✓	NA	NA	NA
Solidos suspendidos	-	-	✓	NA	NA	NA
Solidos totales	-	-	-	NA	NA	NA
Sulfatos	✓	✓	✓	NA	NA	NA
Sulfuros	-	-	-	NA	NA	NA

Fuente: Cungachi, S. (2014).

CODIFICACIÓN	
✓ Parámetro bajo normativa	N.A Parámetro No Aplicable - No realizable
- Parámetro fuera de normativa	

Fuente: Cungachi, S. (2014).

La Tabla 3-9 registró la frecuencia y solo los parámetros Físico- químicos tratados por lo menos por una vez al mes que estén dentro de los límites permisibles.

Por consecuencia los sistemas de tratamiento de recirculación de lixiviados como el de campo de infiltración no son aptos para tratar en este caso DBO como DQO; mientras que comparando las únicas variables repetitivas en el caso de que la técnica de tratamiento si lo hizo; mencionamos que los Nitratos- Nitritos, PH, y Sulfatos si son parámetros que están siendo tratados hasta llegar a sus límites permisible.

Así como Los Solidos Sedimentables y Solidos Suspendidos están bajo límite permisible solo en el mes de Abril.

3.5.1 Valoración de los porcentajes de remoción

Parámetros Físicos- Químicos:

Si bien es cierto que ningún parámetro excepto Nitratos- Nitritos, PH, y Sulfatos están siendo tratados, es necesario registrar su cantidad en promedio por encima de los límites

permisibles. A continuación se detalla la cantidad excedente de los parámetros que no se encuentran dentro de normativa ambiental:

Según la Técnica de Recirculación:

Tabla 3-10. EXCEDENTES DE LOS PARÁMETROS F-Q

Parámetros Fuera de Norma	Límite Máximo Permisible (mg/l)	Cantidad Excedente en Promedio (mg/l)
DBO5	100	210
DQO	250	3042
FOSFORO TOTAL	10	30.48
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1	6.36
SOLIDOS SUSPENDIDOS	100	631
SOLIDOS TOTALES	1600	8678
SULFUROS	0.5	34.4

Fuente: Cungachi, S. (2014).

La Tabla 3-10 registró los totales excedentes de los contaminantes físico-químicos; indicándonos la cantidad de remoción por encima del límite permisible que se encuentran realizando un promedio para todos los meses registrados para el Sistema de Recirculación

Según la Técnica del Campo de Infiltración:

Tabla 3-11. EXCEDENTES DE LOS PARÁMETROS F-Q

Parámetros Fuera de Norma	Límite Máximo Permisible (mg/l)	Cantidad Excedente en Promedio (mg/l)
DBO5	100	124.6
DQO	250	1838

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Como constatamos el Campo de Infiltración tiene una cantidad excedente menor en comparación al sistema de recirculación; es decir la técnica del campo de infiltración actúa mejor a la hora de remover carga orgánica.

Cabe mencionar que la técnica está planteada hacia un mismo relleno con las mismas condiciones de caudales, cantidad de residuos, como épocas adyacentes y controlando las variables intervinientes poniendo a prueba solamente la capacidad removedora de los sistemas de tratamiento.

3.5.2. Porcentajes de Remoción

Al implementar el Sistema de Recirculación se presentó una respuesta no esperada; esta tecnología aumento el nivel inicial de DBO5 inicial registrado; en un 3,33%.

El sistema de Tratamiento de Campo de Infiltración si realizo lo esperado disminuyendo en un 25.13% su carga orgánica inicial. Mientras que para el parámetro DQO el sistema de recirculación cumple su función disminuyendo su carga en 0,24% siendo rezagada por la tecnología de infiltración ya que remueve su carga en un 37% de la inicial para este valor. (Ver Tabla 3-12)

Tabla 3-12. PROMEDIO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA

TECNOLOGIA IMPLEMENTADA	PARAMETROS REMOVIDOS	
	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)
Sin Tratamiento	300	3300
Sistema de Recirculación	310	3292
Sistema de Campo de Infiltración	224.6	2088

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Cabe recordar que aun con lo registrado los niveles de DBO5 Y DQO siguen fuera de los límites máximos permisibles.

3.6 Balance de los Metales Pesados presente en los lixiviados de acuerdo a los Sistemas de Tratamiento

Tabla 3-13. CONTRASTE DEL ANÁLISIS DE METALES PESADOS

PARAMETROS	FRECUENCIA DE TRATAMIENTO POR TECNICA					
	Sistema de Recirculación			Campo de Infiltración		
	Junio	Diciembre	Abril	Abril	Mayo	Junio
Aluminio	✓	✓	✓	-	-	✓
Cadmio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cobre	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cromo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manganeso	✓	✓	✓	✓	-	✓
Mercurio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Níquel	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plomo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zinc	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aluminio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cadmio	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Cungachi, S. (2014).

CODIFICACIÓN
✓ Parámetro bajo normativa
- Parámetro fuera de normativa

Fuente: Cungachi, S. (2014).

La Tabla 3-14 ya nos replica datos más puntuales; es decir nos indica claramente que los metales pesados presentes en los lixiviados si se están tratando por los dos sistemas planteados en su gran mayoría; No obstante se presenta una irregularidad con dos registros en diversos tiempos como es el caso del nivel de Aluminio y Manganeso respectivamente.

3.6.1 Valoración de los porcentajes de remoción. Metales Pesados:

Tabla 3-14. PROMEDIOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA

TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA	PARAMETROS REMOVIDOS (µg/l)								
	Aluminio	Cadmio	Cobre	Cromo	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc
Sin Tratamiento	1082	< 10	42.9	147.8	327.8	< 6	259.6	< 50	453.2
Sistema de Recirculación	818	< 10	214	105.2	1011.3	< 6	349.6	< 50	883
Sistema de Campo de Infiltración	2846	< 10	60.1	59.5	5889.7	< 6	341.2	< 50	125.6
Límites máximos permisibles	5000	20	1000	500	2000	5	2000	200	5000

Fuente: Cungachi, S. (2014).

La Tabla 3-14 nos muestra un registro de los contaminantes previo y posterior a la implementación de los sistemas de tratamientos, el dato que está en color rojo es el único que en promedio por los tres meses analizados esta fuera de norma mediante la técnica de Campo de Infiltración.

Si evaluamos como se mencionó anteriormente por cada mes de análisis; la técnica del sistema de recirculación da a conocer que los metales pesados sin excepción se encuentran bajo los límites permisibles que dicta la norma pertinente; sin embargo para la técnica del campo de infiltración demuestra un exceso en el registro de aluminio en el mes de Abril y en el mes de Mayo y Junio un exceso en el parámetro de Manganeso.

Si realizamos una frecuencia al igual que un promedio como se observa en la tabla anterior este parámetro sería el único que se encuentra bajo normativa ambiental para la técnica del campo de infiltración.

Consecuentemente se aprecia que los valores que se encuentran en color azul demuestran un aumento a un análisis previo a la implementación de los sistemas siendo idénticos para el caso de tratar cobre, manganeso y níquel para ambos sistemas, no así para el aluminio y zinc que se podría considerar que si están siendo tratados por la técnica de recirculación y de campo de infiltración respectivamente.

La Tabla 3-15 nos presenta los porcentajes de remoción de los contaminantes por sistema implementada que si están siendo tratados

Tabla 3-15. EVALUACIÓN DE LOS PORCENTAJES REMOVIDOS DE METALES PESADOS – SR

SISTEMA DE TRATAMIENTO	PARAMETROS TRATADOS	
	Aluminio (Al)	Cromo (Cr)
Sistema de Recirculación	24.4 %	28.8 %

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Tabla 3-16. EVALUACIÓN DE LOS PORCENTAJES REMOVIDOS DE METALES PESADOS – CI

SISTEMA DE TRATAMIENTO	PARAMETROS TRATADOS	
	Cromo (Cr)	Zinc (Zn)
Sistema de Campo de Infiltración	59.3%	72.3%

Fuente: Cungachi, S. (2014).

No se sostuvo la necesidad de realizar un análisis de contaminante en exceso para los metales pesados por el hecho de que todos los parámetros registrados se encuentran bajo normativa ambiental; excepto el manganeso que tiene una desproporción de 3889.7mg/l llevado a cabo al implementar un sistema de tratamiento denominado campo de Infiltración

Tabla3-17. RESUMEN GENERAL

EVALUACION GENERAL	Sistema de Recirculación	Sistema de Campo de Infiltración
ÍNDICES DE REMOCIÓN	DBO5 – N.A DQO – 0.24% Al – 24.4% Cr – 28.8%	DBO5 – 25.13% DQO – 37% Cr – 59.3% Zn – 72.3%

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Realizando un balance general de las dos técnicas con respecto a la remoción de sus contaminantes; se tiene que en efecto el sistema de campo de infiltración actúa con un 48.43% de efectividad al momento de remover metales pesados y carga orgánica de lixiviados en un relleno sanitario que abarca 22 toneladas en promedio diarias de residuos urbanos en comparación a su similar que tiene una efectividad de remoción del 17.81% dejando a criterio para su posterior implementación.

3.7 Costos de Implementación de los Sistemas de Tratamientos

Tabla3-18. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Sistema de Recirculación	Costo Aproximado	Sistema de “Campo de Infiltración”	Costo Aproximado
Bomba de succión	300 USD	Retroexcavadoras	400 USD
Tubería de 150 metros	180 USD	Tubería de drenaje	200 USD
Combustible	100 USD	Cemento	40 USD
Mano de Obra	150 USD	Grava	140 USD
		Ladrillos	20 USD
		Mano de Obra	300 USD
TOTAL	630 USD		1100 USD

Fuente: Cungachi, S. (2014).

3.8 Discusión de Resultados

La efectividad de remoción tanto de los parámetros físico-químicos como de metales pesados presentes en los lixiviados del relleno sanitario es de 48,43% utilizando el sistema de tratamiento: “Campo de Infiltración”. Consecuentemente el sistema de tratamiento de recirculación tiene una efectividad del 17,81%.

Si comparamos los parámetros analizados en el año 2013 antes de la implementación de un sistema de tratamiento se puede apreciar que los índices de contaminantes disminuyeron considerablemente como materia orgánica y metales pesados.

Nuestro interés estaría centrado en la técnica del campo de infiltración por el motivo de que resulto ser la más beneficiosa para este sector en especial.

Los inconvenientes que se presenció y que se tuvo que considerar durante el transcurso fueron los siguientes: La técnica de muestreo, la técnica de análisis del laboratorio, la operación y funcionamiento del sistema, los niveles de caudales, parámetros meteorológicos, entre otros.

3.8. Prueba de Hipótesis

3.8.1 Hipótesis Estadística en Bloques Aleatorios

Relación del sistema de tratamiento con respecto a la concentración de contaminantes de los lixiviados en un relleno sanitario

$$H_0: \delta C_{PIS} = \delta C_{DIS}$$

$$H_a: \delta C_{PIS} \neq \delta C_{DIS}$$

El Diseño Experimental se conformó tal que se analizó por bloques aleatorios es decir se comprobó si el sistema planteado influye en la remoción de contaminantes como metales pesados y carga orgánica (DBO y DQO) respectivamente.

3.8.2 Diseño en bloques completamente aleatorizados

Tabla 3-19. ANÁLISIS DE DISEÑO EN BLOQUES

TECNOLOGIA IMPLEMENTADA	PARAMETROS REMOVIDOS (µg/l)									Carga Orgánica	
	Aluminio	Cadmio	Cobres	Cromo	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plo	Zinc	DBO	DQO
Sin Tratamiento	1082	< 10	42.9	147.8	327.8	< 6	259.6	< 50	453.2	300	3300
Sistema de Recirculación	818	< 10	214	105.2	1011.3	< 6	349.6	< 50	883	310	3292
Sistema de Campo de Infiltración	2846	< 10	60.1	59.5	5889.7	< 6	341.2	< 50	125.6	224.6	2088

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Tabla 3-20. ANOVA PARA UN DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	P
TRATAMIENTOS	2	1810841895	9054209480	0,000978	0,999902
BLOQUES	1	5,2957E+12	5,29572E+12	0,572264	0,52832
ERROR	2	1,8507E+13	9,25396E+12		
TOTAL	32	2,3821E+13			

Fuente: Cungachi, S. (2014).

La hipótesis planteada nula nos menciona que las varianzas de los niveles totales de concentración son iguales a los niveles de concentración de contaminantes, es decir los sistemas de tratamientos no influyen en la capacidad de remoción de los parámetros registrados (metales pesados y carga orgánica).

Ho: Los niveles de Tratamiento para Lixiviados son similares

H1: Los niveles de Tratamiento para Lixiviados no son similares.

Nivel de significancia " α "= 0.05

Confiabilidad= 95%

La Tabla 3-19 de registros para el diseño respectivo de tratamientos efectuados nos presenta el resultado de $p\text{-value}= 0.99$; rechazando la hipótesis alterna aceptando la hipótesis nula mencionándonos que los niveles de concentración de contaminantes por los parámetros analizados para esta investigación no dependen de la tecnología implementada en este caso para mejorar la capacidad de remoción.

El siguiente dato de análisis de bloques registra lo siguiente:

Ho: Los niveles de concentración de contaminantes son similares

H1: Los niveles de concentración de contaminantes no son similares.

Nivel de significancia " α "= 0.05

Confiabilidad= 95%

Según el $p\text{-value}= 0.52832$, rechazamos la hipótesis alterna aceptando la hipótesis nula; los niveles promedios de contaminantes por el transcurso del desarrollo de esta investigación son similares tanto para el caso de metales pesados y cargas orgánicas (DBO y DQO).

En otras palabras el sistema implementado no influye significativamente en el nivel de concentración de contaminantes con respecto a no utilizar ningún sistema para el relleno sanitario Yurak-Casha.

3.8.3 Comparación entre variables

La Tabla 3-20 analiza los valores medios de los sistemas de tratamiento tanto para los bloques de remoción de metales pesados como de DBO y DQO.

Tabla 3-21. COMPARACIÓN GENERAL DE MEDIAS – DESVIACIONES

Tecnologías	Medias	Desviaciones	Coefficiente de Correlación
Sin Tratamiento	327488,755	344,552079	0,99992847
Sistema de Recirculación	327767,645	408,526369	
Sistema de Campo de Infiltración	211089,555	2035,41937	

Fuente: Cungachi, S. (2014).

El coeficiente de correlación por los tres tratamientos muestra una relación casi perfecta por lo tanto los datos de la aplicación o tratamiento actuante no difiere en las medias de las concentraciones de los niveles de contaminantes ni de metales pesados ni de carga orgánica.

3.8.4 Comparación entre medias: “Contraste de Tukey”

Al realizar un contraste entre las medias de los tratamientos efectuados tenemos:

ST SR CI

a a a

Como se aprecia sus contrastes presentan las mismas características corroborando a lo mencionado anteriormente los tratamientos no están influyendo en la capacidad de remoción de los contaminantes presentes en los lixiviados del Relleno Sanitario Yurak-Casha.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA DE TRATAMIENTO

La propuesta de tratamiento en este caso se orientó a la capacidad que convendría para la remoción de contaminantes específicamente en cuestión de materia orgánica y metales pesados; sin embargo se detalla a continuación algunos requerimientos y especificaciones para la implementación del mejor caso para un tratamiento de lixiviado en un relleno sanitario que genera alrededor de 22 toneladas de basura inorgánica en promedio:

Tabla 4-1. PROPUESTA DE ELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO

SISTEMA DE RECIRCULACION	CAMPO DE INFILTRACION
<p>Porcentajes de Remoción:</p> <p>Materia Orgánica y Metales Pesados: 17,81%.</p> <p>Caudal mínimo para trabajar: 3 litros por segundo</p> <p>Capacidades:</p> <p>Tres terrazas para retención de sólidos.</p> <p>Sus dimensiones dependerán del área del relleno sanitario a cual se quiera implementar.</p>	<p>Porcentajes de Remoción:</p> <p>Materia Orgánica y Metales Pesados: 48,43%</p> <p>Caudal mínimo para trabajar: 0.8 litros por segundo</p> <p>Capacidades:</p> <p>Sus dimensiones son de 200 metros como base siendo el volumen de lixiviados de 50m³.</p> <p>Las zanjas de infiltración deben ser de 0.5 metros de profundidad y de ancho 0,40</p> <p>Continuará...</p>

<p>...Continúa</p> <p>Requerimientos:</p> <p>Debe estar almacenado en el tanque de ferrocemento y posteriormente derivar hacia su tratamiento considerando una no sobresaturación.</p>	<p>Requerimientos:</p> <p>La zanja de infiltración debe rellenarse con el material resultante de la excavación para proteger de factores externos.</p> <p>El campo de infiltración debe estar en lugar de fácil acceso para realizar las zanjas.</p> <p>No es recomendable y en medida es prohibido utilizar pozos sépticos, constituidos de estructura similar.</p> <p>El lugar tiene que ser alejado de la población y contar con un área extensa para facilitar su construcción y poder aplicar este tratamiento.</p>
---	---

Fuente: Cungachi, S. (2014).

Tomando en cuenta la Tabla 3-21 se propone que: Hay dos factores claves para considerar cual sería el sistema que mejor convenga, 1. El factor Económico y 2.- el factor de remoción.

Si consideramos el segundo aspecto se recomienda plantear o utilizar el sistema de campo de infiltración generalmente para sitios, lugares y sectores que generen residuos en poca cantidad que para este caso la Comunidad Yurak- Casha tiene una población 218.000 habitantes el cual su competencia seria directa de sus gobiernos descentralizados.

Si analizamos y tomamos en cuenta principalmente el literal 1. , en este caso el limitante económico; podemos recurrir a la utilización del sistema de recirculación por el motivo de que el tratamiento considerado se apega más a las dimensiones del relleno al que se desea implementar, no obstante el sistema de campo de infiltración como lo apreciamos

(Tabla 3-21) requiere de un campo amplio para su desarrollo y el lugar de igual manera debe estar estratégicamente ubicado, se requiere más cantidad de material para su construcción como espacio para desarrollarlo.

El sistema de recirculación en competencias de fases es una limitante cuando se habla de la “fase de cierre y abandono” por el hecho del surgimiento de especies endémicas del sector, pero aun así hay que considerar que el lixiviado siempre va a estar presente mientras siga existiendo residuos a almacenar.

Desde el punto de vista de esta investigación se recomienda en lo posible y tomando su factibilidad en costos de mantenimiento y operación, utilizar los dos sistemas de tratamientos que; recordando estos ya se encuentran en funcionamiento; para que el sistema de recirculación sea una fase previa de tratamiento para que después sea trasladado al sistema de campo de infiltración terminando su ciclo de remoción, el motivo es que un sistema presenta mayor capacidad de remoción en metales pesados mientras que el otro sistema realiza lo contrario presenta mejoras en remoción de materia orgánica.

Si no es posible este planteamiento realizado se considera en segunda medida hacer un estudio amplio del suelo, midiendo sus capacidades de retención y su capacidad de metabolizar sustancias extrañas, para optar por un único tratamiento para que cumpla con la normativa vigente.

5.1 CONCLUSIONES

- El caudal resulto ser un parámetro importante en el desarrollo de los sistemas de tratamiento; por lo tanto las variaciones de medida corroboraron al instante de realizar y aplicar las técnicas correspondientes para el tratamiento de lixiviado.
- De los lixiviados del relleno sanitario se analizó parámetros físico-químicos y metales pesados, alcanzando a remover un 0,24% de materia orgánica y 26% de metales pesados por parte del sistema de recirculación, no obstante el sistema de campo de Infiltración removi6 30% de materia orgánica y 68% de metales respectivamente.
- El sistema de campo de Infiltración es sin duda una mejor técnica en la remoción de contaminantes para este caso; un relleno que almacena 22 toneladas métricas de basura en promedio por día y situada en la zona sierra del país
- Se propone que el sistema de campo de infiltración abarca facilidades de instalación, operación y de costo al momento de implementarlo; contrastando con la efectividad de remoción, sin duda sería el más idóneo para el tratamiento de lixiviados en un relleno sanitario de residuos urbanos

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un caudal constante a la hora de realizar la técnica ya que es un punto de importancia para un tratamiento óptimo considerando además las estaciones del año y no exista una saturación de suelo ni contaminación cruzada.
- Se recomienda analizar también parámetros tales como aspectos microbiológicos como coliformes totales, fecales y termotolerantes independientemente a la técnica a utilizar para tener un registro conciso y amplio para elegir la técnica indicada.
- Al momento de muestrear se recomienda utilizar las medidas de seguridad pertinentes para evitar riesgos físicos y laborales.

BIBLIOGRAFIA

ANED, C., etal. Manejo y Disposición de Residuos Sólidos. Vol.1, 1ª.ed. Paris-Francia, Don Bosco, 2009, P.20

ARRIETA, Jorge., y LUJAN, M. Caracterización de la generación y evaluación de riesgos de las pilas y baterías en desuso en la Ciudad de Cochabamba. Vol. 3. Paz-Bolivia, Don Pedro, 2007, P. 627-660.

BETANCOURT, Pineda L. Plan de Manejo de Desechos Sólidos en la Gestión Ambiental. 2a.ed. Madrid – España, 1997, P. 326-360.

<http://www.solvesacorp.com/solvesacorp.com/docs/downloads/Plan%20de%20manejo%20de%20desechos%20solidos%20en%20la%20Gestion%20Ambiental.pdf>

2014/05/18

COLOMER, J., GALLARDO, A. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. 1ra ed. Valencia – España, Limusa, 2007. P. 9-24

COSTA, F., etal. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Publicado en Centro de Edafología y Biología Aplicada de Segura. Murcia - España. Limusa. 1995. P 181-290.

http://www.infoagro.com/documentos/problematika_clasificacion_y_gestion_residuos_solidos_urbanos.asp

2014/05/20

COUTO, María Claudia., etal. Tratamiento de lixiviado por infiltración rápida como alternativa para ciudades de pequeño porte. Vol. 18, n.3. Valencia – España, Limusa, 2013. P. 223-234.

DROPPELMANN., etal. Tratamiento en Lodo Activado del Lixiviado de un Relleno Sanitario. vol.20, Madrid – España, Tecnol, 2010. P. 214-226.

AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL, U. “Sistemas de tanque séptico para aplicaciones de alto caudal”. N° 832. Environmental Protection 2000. P. 1-14.

FLORES, D., Guía Práctica No. 2 Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, 2da.ed., Quito Ecuador. Don Bosco, 2001. P. 8-12.

GONZÁLEZ, Irene. Metodología de Análisis de Aguas Residuales. Publicado en Murcia – España, Limusa. 2010. P. 223-234

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO_5.htm

2015/15/05

HELBER, M., & etal. Behavior of the infiltration on an oxisol. Vol. No. 45-03. Cartagena – Colombia. Don Pedro. 2010. P. 1-9.

HOLMES, Dawn., etal. Procesos de Tratamientos de lixiviados de vertederos. Madrid - España, Limusa, 2013. P. 12-45

http://dspace.sheol.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/23352/1/TFM_Melania%20%20Sancha%20Antu%C3%B1a.pdf

2015/15/05

JENSEN, A., etal. La infiltración directa sobre el terreno. Cálculo de las dimensiones de las instalaciones, Unión Europea – Gran Bretaña. Don Bosco. 1991. Pp. 235-450

http://ec.europa.eu/environment/water/waterurbanwaste/info/pdf/waterguide_es.pdf

2015/15/05

MARTINEZ, A., etal. Alternativas actuales del manejo de lixiviados. Santiago - Chile Avances en Química. 2014. P. 340-560

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93330767005> ISSN 1856-5301

2014/12/18

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, O. “Especificaciones Técnicas. Diseño de Pruebas de Infiltración”. Lima - Perú. Agencia Suiza. 2010. P. 2-10.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, O. “Especificaciones Técnicas. Diseño de Zanjas y Pozas de Infiltración”. Lima – Perú. Agencia Suiza. 2003. P. 2-12.

POLO, Mirna., y Guevara, E. Contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos la guácima. Vol. 8. Carabobo – Venezuela, Libertador. 2001. P. 1-12.

PROGRAMA NACIONAL DE GESTION INTEGRAL DE DESECHOS SOLIDOS, O. “Estudios y Diseños definitivos para la Gestión Integral de Desechos Sólidos de la Mancomunidad de Santa Elena”. Quito – Ecuador. Ministerio del Ambiente. 2005. P. 2-24.

ROSALES, Elías. Cómo hacer pruebas de Infiltración. Amsterdam – Holanda. Scopus. 2013, P. 1-4.

SALGADO, Patricia. Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio de flujo ascendente piloto, Bogota – Colombia. Scielo. 2010. P 1-6.

http://www.bdigital.unal.edu.co/1059/1/patriciamendozasalgado.2004_.pdf

2015/15/05

SAWYER, C.; McCARTY, P. Chemistry for Environmental Engineering. New York – Estados Unidos. McGraw Hill. 1996. P. 1- 4

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DQO.

[htm](#)

2015/15/05

SCHOLZ, Carola., y VILLALOBOS, N. Presencia del alga Chlamydomomas vesterbottnica (Chlamydomonadales: Chlamydomonadaceae) en los estanques de la planta de tratamiento de un relleno sanitario. San José - Costa Rica. Scielo. 2013. P. 185-187.

SERMANAT, Lisa., etal. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. New York - Estados Unidos. Scopus. 2013. P.102-109.

ANEXOS

Anexo A. Datos meteorológicos

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)				
		ABSOLUTAS				M E D I A S			Máxima	día	Mínima	día	Media
		Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual					
ENERO	186.2	20.6	27	5.8	13	18.3	8.1	12.7	100	10	28	3	75
FEBRERO	104.9	20.8	14	7.0	9	17.5	8.9	12.7	100	6	14	21	84
MARZO	132.8	20.5	24	4.5	28	18.3	7.8	13.4	100	2	25	24	79
ABRIL	93.2	20.5	17	6.0	3	18.1	9.0	13.1	100	1	40	17	80
MAYO	139.6	20.5	16	6.0	5	17.7	8.5	12.8	100	1	34	27	77
JUNIO	121.9	20.2	22	5.0	26	16.3	7.6	12.0	100	1	39	22	78
JULIO	168.2			4.0	5	16.9	6.9	12.3					74
AGOSTO	138.7	19.3	30	1.5	21	15.2	6.5	11.3	100	4	25	18	69
SEPTIEMBRE	162.6	21.2	30	0.5	12	17.1	6.1	12.3	100	1	23	11	64
OCTUBRE	132.3	20.1	1	4.0	2	17.1	6.6	12.1	100	19	27	1	72
NOVIEMBRE	135.9	19.2	21	2.5	5	16.2	5.5	11.1	100	14	34	5	77
DICIEMBRE	86.4	18.0	7	1.0	14	15.2	6.3	10.4	100	2	45	4	91
VALOR ANUAL	1602.7			0.5		17.0	7.3	12.2					76

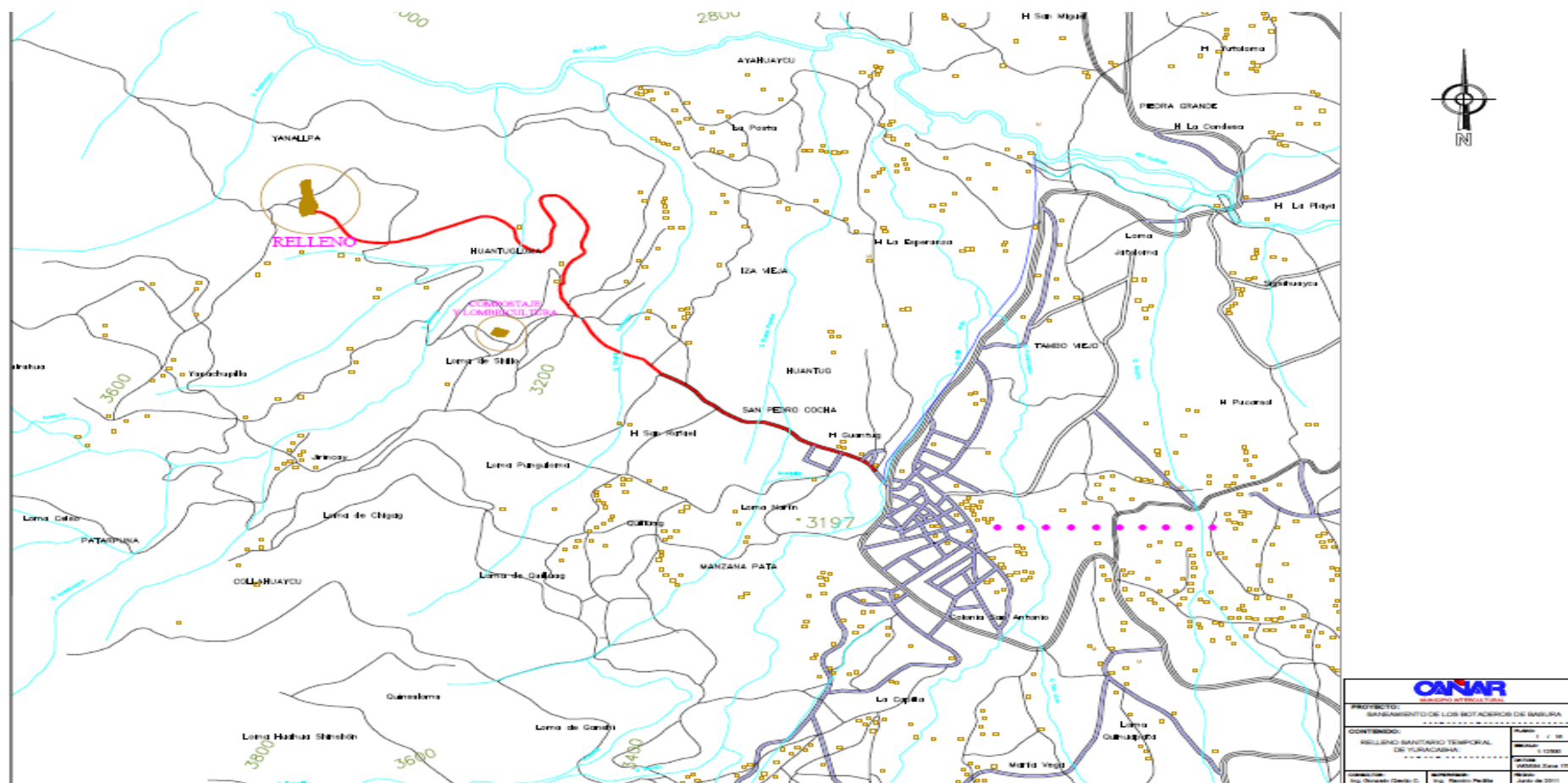
Fuente: (Anuarios hidrológicos INAMHI Ecuador, 2014)

Anexo B. Datos de precipitación


MES	EVAPORACIÓN (mm)			PRECIPITACIÓN (mm)			Número de días con precipitac ión	Nubosid ad
	Suma Mensu al	Máxima en 24 horas	Dí a	Suma Mensu al	Máxima en 24 horas	Dí a		
ENERO	134.7	6.0	2	12.2	7.0	11	7	6
FEBRERO	119.7	7.8	22	82.7	20.8	7	18	7
MARZO	128.8	6.0	28	47.3	17.9	13	12	7
ABRIL	122.7			77.1	11.7	7	22	7
MAYO	134.0	6.1	5	54.5	9.2	7	18	7
JUNIO				42.4	12.0	19	15	7
JULIO	131.6	5.5	19	60.6	14.3	15	16	6
AGOSTO	120.0	5.0	23	19.5	6.5	13	14	6
SEPTIEMB RE	130.3	6.0	1	13.8	3.5	1	10	6
OCTUBRE	126.0	5.3	26	13.0	4.8	26	9	6
NOVIEMB RE	121.5	5.0	9	30.	9.6	12	10	6
DICIEMB RE	113.1	4.9	26	56.1	9.1	30	22	8

Fuente: (Anuarios hidrológicos INAMHI Ecuador, 2014)

Anexo C. Lugar de estudio



Anexo D. Informe de Resultados del Sistema de Recirculación

 ETAPA LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 5
---	------------------------------	---

FECHA: 2013/12/03

INFORME Nº: 736/13

CLIENTE

NOMBRE: EMMAIPC-EP

DIRECCIÓN: Av. Ingapirca s/n y Pozo de Chávez - Cañar

MUESTRA

CODIGO: 736/01-05/13

DESCRIPCIÓN: Lixiviados

PROCEDECENCIA: Cañar, Biblian, Suscal

FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/11/26

ENTREGADAS POR: Ing. Rafael Vázquez

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA LIXIVIADO A LA PRIMERA PRINCIPAL RELLENO SANITARIO YURAK KASHA 736/01/13
ALCALINIDAD TOTAL *	SM 2320 B	2013/11/26	mgCaCO ₃ /l	0.0
BICARBONATOS *	SM 2320 B	2013/11/26	mgCaCO ₃ /l	1699.84
CARBONATOS *	SM 2320 B	2013/11/26	mgCaCO ₃ /l	6501.89
HIDROXIDOS *	SM 2320 B	2013/11/26	mgCaCO ₃ /l	8201.73
DBO ₅	PEE/LS/FQ/01	2013/11/26 2013/12/01	mg/l	295
DQO	PEE/LS/FQ/06	2013/11/27	mg/l	3309
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2013/11/29	mg/l	11.72
NKT *	SM 4500 Norg B	2013/11/28	mg/l	1201.79
pH *	SM 4500 H B	2013/11/26		8.43
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2013/11/26	ml/l	0.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FQ/04	2013/11/26	mg/l	143
SÓLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2013/11/26	mg/l	11368
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2013/11/27	mg/l	55.0
SULFATOS *	SM 4500 SO ₄ E	2013/11/29	mg/l	21.18
SULFUROS *	SM 4500 S E	2013/11/26	mg/l	29.6
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2013/11/26 2013/11/28	NMP/ 100 ml	7.0E+04
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2013/11/27 2013/11/29	NMP/ 100 ml	4.9E+04
ALUMINIO *	SM/3120/ICP	2013/11/28	µg/l	1082.4
CADMIO *	PEE/LS/AI/04	2013/11/28	µg/l	< 10
COBRE *	SM/3120/ICP	2013/11/28	µg/l	42.9
CROMO *	PEE/LS/AI/04	2013/11/28	µg/l	147.8
MANGANESO *	PEE/LS/AI/04	2013/11/28	µg/l	327.8
NIQUEL *	PEE/LS/AI/04	2013/11/28	µg/l	259.6
PLOMO *	PEE/LS/AI/04	2013/11/28	µg/l	< 50
ZINC *	SM/3120/ICP	2013/11/28	µg/l	453.2

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

Anexo E. Informe de Resultados del Campo de Infiltración

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	----------------------------------	---------------

FECHA: 2015/04/30

INFORME N°: 215/15

CLIENTE

NOMBRE: SR. TOMÁS CUNGACHI SOLANO
DIRECCIÓN: Cañar

MUESTRA

CODIGO: 215/01/15
DESCRIPCIÓN: Lixiviado
PROCEDENCIA: Yuracasha - Cañar
FECHA DE RECEPCIÓN: 2015/04/22
ENTREGADAS POR: Sr. Tomás Cungachi

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Lixiviado 215/01/15
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2015/04/22 2015/04/27	mg/l	245
DQO	PEE/LS/FQ/06	2015/04/22	mg/l	2145
ALUMINIO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	6223.9
CADMIO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	<10
COBRE	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	28.0
CROMO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	71.6
HIERRO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	3566.2
MANGANESO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	555.5
MERCURIO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	<6
NIQUEL	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	247.0
PLOMO	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	<50
ZINC	SM/3120/ICP	2015/04/30	µg/l	77.9

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

Atentamente,

Ing. Andrea Arévalo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

ANEXO FOTOGRAFICO

Anexos F. Equipo utilizado para la recirculación



Anexo G. Piscina de regulación, lixiviado listo para recirculación.



Anexo H. Lugar de la recirculación en el relleno sanitario.



Anexo I. Lugar de muestreo de la recirculación



Anexo J. Toma de muestra del lixiviado con la ayuda del trabajador



Anexo K. Colocación de la tubería para la conducción de lixiviados al campo de infiltración.



Anexo L. Construcción del tanque de revisión



Anexo M. Colocación de la grava sobre la tubería de drenaje



Anexo N. Caudal de lixiviado para el campo de infiltración.



Anexo O. Toma de muestra campo de infiltración.

